جامعة القاهرة
كلية الآثار
قسم ترميم الآثار



دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية تطبيقا على بعض النماذج المختارة

رسالة مقدمة من

حمادة صادق رمضان قطب

المعيد بقسم ترميم الآثار – كلية الآثار – فرع الفيوم

للحصول على درجة الماجستير فى علاج وصيانة الآثار

تحت إشراف

أ . د / محمد عبد الهادى محمد

وكيل كلية الآثار لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة سابقاً

والمستشار الثقافي بسفارة جمهورية مصر العربية فى بولندا

أ . م . د / جمال عبد المجيد محجوب
أستاذ ترميم الآثار المساعد
وكيل كلية الآثار - فرع الفيوم لشئون التعليم والطلاب

أ . م . د / محمد مصطفى إبراهيم
أستاذ ترميم الآثار المساعد
كلية الآثار – جامعة القاهرة

٢٠٠٥م

الإجازة

أجازت لجنة المناقشة هذه الرسالة للحصول على درجة الماجستير في ترميم الآثار بتقدير "**ممتاز**" مع التوصية بطبع الرسالة على نفقة الجامعة وتبادلها بين الجامعات بتاريخ ٢٠٠٥/٥/٣١م

بعد استيفاء جميع المتطلبات

اللجنة

الاسم	الدرجة العلمية	التوقيع
١ـ أ.د/ محمد عبد الهادى محمد	أستاذ	
٢ـ أ.م.د/ جمال عبد المجيد محجوب	أستاذ مساعد	
٣ـ أ.م.د/ محمد محمد مصطفى	أستاذ مساعد	
٤ـ أ.د/ فاطمة محمد حلمي	أستاذ	أ.د. فاطمة حلمي
٥ـ أ.د/ عمر عبد العزيز	أستاذ	

ملخص الرسالة

تتناول هذه الرسالة دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية تطبيقا علي بعض النماذج المختارة ،وتنقسم الرسالة إلي ستة فصول

الفصل الأول يتناول دراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية حيث تم تقسيم أدوات الإضاءة حسب تكوينها إلى بدن وتزجيج. ويتكون البدن من الطفلة مع بعض المواد المضافة أما التزجيج فيتكون من السليكا و بعض المواد المصهرة وقد أضيفت بعض المواد الملونة إلى التزجيج مثل أكاسيد الحديد والنحاس والتيتانيوم . وتناول هذا الفصل أيضا أساليب صناعة البدن و التزجيج .

الفصل الثانى يتناول خصائص الخزف المختلفة مثل المسامية و القوة و لون البدن الخزفى و كذلك الخواص الحرارية و أيضا الصلادة و الكثافة و أيضا نسيج البدن الداخلى وسمك جدران القطعة

الفصل الثالث عوامل ومظاهر التلف التى تتعرض لها أدوات الإضاءة تم تقسيم هذا الفصل إلى عوامل التلف ومظاهر التلف و قد مرت عمليات التلف بأربع مراحل أولها هى العوامل المرتبطة بالصناعة وثانى هذه العوامل هى الاستخدام وثالثها التلف الناتج عن الدفن في التربة وأخير التلف الناتج عن الكشف و بالنسبة لمظاهر التلف فهناك الشروخ وأيضا هناك الالتواء وأيضا التصدع " الطرقعة " و كذلك تشرخ التزجيج و التقشر و التبثر وهناك أيضا البقع الدهنية والسوداء الناتجة عن الاستخدام. وأيضا التآكل الذى يمثل تتويجا لتأثير كل عوامل التلف متحدة .

الفصل الرابع دراسة علاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية يتم البدء بالتنظيف ثم استخلاص الأملاح ثم التجميع و التقوية بالإضافة إلي عملية الاستكمال .

الفصل الخامس طرق الفحص والتحليل : فقد استخدم الميكروسكوب المستقطب فى دراسة نسيج البدن والعلاقة بين البدن والتزجيج أما طريقة حيود الأشعة السينية فقد استخدمت فى التعرف علي مكونات البدن أما الميكروسكوب الالكترونى الماسح المزود بوحدة EDX فقد استخدم فى دراسة البدن وذلك بالفحص والتحليل أما بالنسبة لاستخدامه فى دراسة مواد الترميم فقد استخدم في دراسة مواد التنظيف مثل محلول الكالجون ، واستخدم أيضا فى دراسة مدى تغلغل وتغليف مواد التقوية المختلفة لمكونات البدن .

الفصل السادس الجانب التطبيقى يتناول هذا الفصل الجانب التطبيقى على مجموعة مسارج من المتحف الإسلامى بكلية الآثار. وقد بدأت عمليات العلاج بالتنظيف الميكانيكى فى بعض القطع وبالتقوية المبدئية لبعض القطع وتم إزالة الترميم الخاطئ بالطرق الميكانيكية وإزالة البقايا بالمواد الكيميائية. أما عملية الاستكمال فكانت من الأهمية بمكان حيث تم استكمال أجزاء مختلفة لأكثر من ١٦ قطعة بينما بينما المجموعة الباقية بدون استكمال وذلك لعدم وجود دلائل للاستكمال وتم الاستكمال باستخدام مسحوق الفخار الذائب فى محلول البارالويد ٧٢ بتركيز ٥٠% . وبعدذلك تم التلوين باستخدام ألوان الأكريليك بدرجات مقاربة للون الأصلى ، وبعد التلوين استخدم محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لإعطاء طبقة لامعة على السطح .

الكلمات الدالة

مسارج خزفية

تزجيج

مساعدات الصهر

الخوص الحرارية

تلف

التنظيف

الكالجون

التقوية

استكمال

اعادة تلوين

الإهـــداء

إلـــى أســـرتى الكـــريمـــة

إلـــى أبـــى وأمـــى

شكـــــر وتقـــــدير

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على سيدنا محمد أشرف المرسلين والحمد لله الذى أعاننا على إتمام البحث .

فى البداية أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أ . د **محمد عبد الهادى**- وكيل كلية الآثار السابق والمستشار الثقافىبسفارة جمهوريةلمصر العربية فى بولندا على سعة صدره وتوجيهاته ومساعداته الدائمة التى عهدناها منه ، وأتقدم بالشكر إلى د . **جمال محجوب** – وكـيل كلـية الآثار لشئون التعليم والطلاب - كلية الآثار - فرع الفيوم على إشرافه على الرسالة وعلى مساعداته الدائمة ونصائحه الهامة وإحتضانه للدارسين .

أتوجه بخالص الشكر والعرفان والتقدير إلى د . **محمد مصطفى** –الأستاذ المساعد بقسم الترميم - كلية الآثار على توجيهاته الدائمة فأنا أعلم أنى أثقلت عليه فجزاه الله عنى خير الجزاء .

وأتــوجه بالشكر إلى أ . د / **فاطمة حلمى**- الأستاذ المتفرغ بقسم ترميم الآثار - كلية الآثار على موافقتها على مناقشة الرسالة وعلى مساعداتها الدائمة أثناء فترة الدراسة وأشــكر بصفة خاصة أ . د . **عمر عبد العزيز**- رئيس قسم الخزف الأسبق. كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان .

وأتــوجه بالشكر إلى أ . **د/عبدالحليم نورالدين** – عميد كلية الآثار بفرع الفيوم على مساعداته لأبنائه الدارسين بالكلية .

وأتــوجه بالشــكر إلى د . **شحاته أحمد عبد الرحيم**- المشرف على قسم الترميم بالفيوم على توجيهاته ونصائحه ومساعداته .

وأشــكر د . **ميرفت عبد الهادى** – أمين قسم الزجاج بمتحف الفن الإسلامى على مســاعدتها ، وأشــكر أ . **إبراهيم عبد الرحمن** –رئيس تفتيش الفسطاط على مساعدته للحصول على عينات الدراسة .

وأشــكر أيضـــا د . مـــوريس جـندى و أ. أحمد وجيه لمساعدتهم فى الدراسة بالميكروسـكوب المســتقطب وأشــكر كل من د . ناصر لطفى و د . عادل فؤاد و د . جوزيف سمعان لمساعدتهم فى دراسة العينات بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح .

وأشــكر أيضـــا د . فاطمة دياب والعاملون بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار على تعاونهم أثناء إجراء الجانب التطبيقى بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار .

وأشكر **Alice Paterakis** –رئيس الترميم فى حفائر *Agora* بأثينا و **Janita Navarvo** – مســئول التــرميم بالمــتحف البريطانى على مساعدتهم ، وأشكر كل من أ.مــراد فــوزى ، أ.شعبان الأمير ،أ.وليد على ، أ.محمود عوض ، أمحمد مصطفى ، أ.شريف عبد العاطى .

وفى النهاية أتقدم بخالص الشكر والعرفان والتقدير إلى أسرتى فلهم منى كل الحب والود .


الفهارس

فهرس الموضوعات

فهرس الصور

فهـــرس الأشكـــال

فهـــرس الجـــداول


المقدمة

المقدمـــة

لقد تنوعت أشكال المسارج التى عثر عليها المنقبون فى حفائرهم وفى العديد من المواقع الأثرية، وقد استخدمت أشكال عديدة من المسارج فى العصور الفرعونية والرومانية، وامتد استخدام هذه المسارج فى العصور الإسلامية المختلفة حيث تطورت بعض الأشكال وظهرت أنواع أخرى بالإضافة إلى ظهور بعض الأنماط الزخرفية الجديدة.

وانتشر خلال العصور الإسلامية بعض الأشكال لهذه المســـارج مثـــل المســـارج الكروية البدن والاسطوانية والبدن على شكل صندوق وعلى شكل طبق أو علـــى شـــكل حيوانات أو طيور .

وقد استخدم الخزاف فى العصور الإسلامية المواد الخام الموجـــودة فـــى البيئـــة المحيطة به فقد استخدم الطفلات المتاحة أمامه ، وقد وجد الخزاف قـــديما أن اســـتخدام الطفلة منفردة قد يؤدى إلى حدوث بعض العيوب عند مراحل التصنيع المختلفة لذلك لجـــأ الصانع إلى إضافة بعض المواد لتحسين خواص المنتج وقد اضاف الكوارتز الي الطفلـــة لإنتاج أدوات إضاءة تقاوم دورات التسخين الناتجة عن الاستخدام اليومى.

و اهـــتم الصـــانع أيضـــا بزخرفة المسارج سواء بالكتابات أو الزخارف النباتية أو الهندسية واستخدم لذلك طرق تشكيل مختلفة تركزت على استخدام العجلة و القالب .

أما بالنسبة للسطح الخارجى فقد اهتم أيضا الخزاف بوضع طبقة من التزجيج عليه وذلك لحفظ محتوى المسارج من الزيوت وبغرض زخرفى ، واستخدمت المواد الموجودة فى البيئة المحيطة أيضا من رمل وبعض الأكاسيد القلوية أو الأرضية كمـــواد مصـــهرة بالإضافة إلى المواد الملونة، واستخدمت أنواع مختلفة من الأفران للحصول على منـــتج جيد .

واهتم أيضاً الخزاف فى العصور الإسلامية بإنتاج أدوات إضاءة ذات مواصـــفات جيدة وذلك لكى تناسب الاستخدام فنجده اهتم بأن تكون المسارج ذات مسامية مرتفعة وأن

تتميـز القطعة بالقوة ، بالإضافة إلى أنه أنتج مسارج بألوان مختلفة وذلك بإضافة بعض المواد مثل أكاسيد الحديد أو المواد العضوية التى تؤثر مع ظروف الحرق فى لون البدن الـناتج ، واهتم أيضا بأن تكون الخواص الحرارية مناسبة لظروف الإستخدام فلم يستخدم مـواد ذات معامـل تمدد حرارى مرتفع وكذلك راعى أن يتحمل البدن الصدمة الحرارية التـى يتعرض لها يوميا ، بالإضافة إلى الاهتمام بكل الخواص التى قد تساعده فى إطالة مدة الاستخدام لهذه المسارج .

وتعرضـت المسارج إلى عوامل تلف عديدة بعضها مرتبط بعمليات الصناعة مثل عـدم الـتجانس فى المواد الخام أو استخدامها بنسب غير سليمة ، ويعتبر الاستخدام من العـوامل التى أثرت فى المسارج حيث أنها تعرضت لدورات تسخين يومية وقد أدى ذلك إلى ضعف الكثير من المسارج بالإضافة إلى الكربون الناتج عن الاستخدام والذى يترسب على القطعة مما يشوهها .

ولا يجب أن نغفل الدور الهام الذى تقوم به التربة وما تحتويه من أملاح أو مواد قلوية أو حامضية حيث أنها تتلف هذا المسارج وتحدث بها مظاهر تلف مختلفة .

وعـند الكشف عن هذه المسارج تتعرض لظروف مغايرة حيث اختلاف الرطوبة والحـرارة واخـتلاف نسـب الغازات المختلفة فى الهواء ويؤدى ذلك إلى تدهور حالة المســارج ، كما أن الترميم الخاطئ من العمليات التى تؤثر تأثيرا خطيرا عند قيام غير المتخصصين به ، فقد يتم اللجوء إلى استخدام مواد ذات تأثيرات ضارة أو لا تتوفر لديهم المهارة الكافية للقيام بعمليات الترميم السليمة .

ويلاحـظ وجـود العديـد من مظاهر التلف فى المسارج مثل بعض العيوب فى التـزجيج والمظاهـر الناتجة عن الاستخدام بالإضافة إلى تأثير التربة فى ظهور أشكال مختلفة للتلف .

وتشـمل عملـيات العلاج المختلفة التنظيف بالطرق والمواد المناسبة وإزالة مواد التـرميم القديمـة ، قـد تحتاج بعض القطع إلى تقوية مبدئية نظرا لضعف حالتها ، هذا بالإضافة إلى عملية الاستكمال التى يقصد بها الحفاظ على ثبات القطعة بالإضافة إلى منع

فقد أجزاء أخرى.وتستخدم مواد تتناسب خواصها مع خواص المســارج ، وفــى بعــض الأحيان لا يتم الاستكمال خاصة فى حالة عدم وجود دلائــل أو نقــاط إرشــادية ، وقــد استخدمت الألوان المناسبة لإعادة تلوين الأجزاء المستكملة وذلك للحفاظ علــى الناحيــة الجمالية ومنع التشوه البصرى ، ويتم العرض المتحفى بشكل يناسب كل قطعة مع مراعاة ظرف العرض المتحفي السليم من حرارة ورطوبة وضوء .

وتلعب طرق التحليل المختلفة أهمية كبيرة فى دراسة المسارج الخزفيــة وذلــك يساعد فى فهم طرق الصناعة والمواد المستخدمة بالإضافة إلى معرفة طريقــة تحضــير المواد الخام ودرجة حرارة الحرق ، ويستخدم لذلك طرق عديــدة منهــا الميكروســكوب المستقطب وحيود الأشعة السينية ، بالإضافة إلى الميكروسكوب الالكترونى الماسح الذى ساعد فى دراسة البدن والتزجيج وكذلك لعب دورا هامــا فــى دراســة مــواد التــرميم المختلفة .

أما بالنسبة لعمليات الترميم التى تمت على مجموعة المسارج قيد الدراسة فشملت التنظيف والتقوية والاستكمال لبعض الأجزاء بالإضــافة إلــى إعــادة تلــوين الأجــزاء المستكملة.

الهــدف مــن البحــث

مما لاشك فيه أن أدوات الإضاءة الخزفية تتميز بأهمية كبيرة لما لها من مدلولات كثيرة ، ومع ذلك لم تنل القدر الكافى من الاهتمام والدراسة فلم تتناولها أى دراسة لفهم تقنية صناعتها والمشاكل التى تعانى منها وأيضا طرق العلاج والصيانة الخاصة بها .

وقد تم اختيار هذا البحث لدراسة تقنية أدوات الإضــاءة مــن ناحيــة الخامــات المستخدمة فى الصناعة والمواد المضافة وكذلك تركيب التزجيج بالإضافة إلي الأســاليب التى أتبعت فى صناعتها ، و قد تم الاستعانة بطرق التحليل والفحــص المختلفــة مثــل الميكروسكوب المستقطب و طريقة حيود الأشعة السينية بالإضافة إلــي الميكروســكوب الإلكتروني الماسح .

وتهدف الدراسة الي فهم ميكانيكية التلف الخاصة بأدوات الإضاءة التــى ممــا لاشك أنها تحدث بسرعة وذلك نتيجة الاستخدام قديماً ، فقد أدت الحرارة بسبب الإشــعال اليومي إلي وجود مظاهر تلف عديدة بالإضافة إلي مظاهر التلف التي تنتج أثناء الدفن في التربة أو بسبب أعمال الترميم الخاطيء .

وتحتاج أدوات الإضاءة إلى عمليات ترميم مختلفة نظراً لتنوع مظاهر التلف بهــا مثل التنظيف للبقع الصعبة وإزالة الترميم القديم الخاطئ الذي لم يتم على أسس وقواعــد الترميم السليمة وكذلك التجميع والتقوية للقطع التى تعانى من الضــعف بالإضــافة إلــى الاستكمال .

ملخص الرسالة

تهـتم هـذه الرسالة بدراسة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية من حيث طـرق صناعتها وخصائصها وكذلك عوامل ومظاهر التلف التى تتعرض لها ، بالإضافة إلـى طـرق العلاج والصيانة ، تناولت الرسالة أيضا طرق الفحص والتحليل المستخدمة وأخيراً إجراء الجانب التطبيقى على مجموعة من مقتنيات المتحف الإسلامى بكلية الآثار بجامعة القاهرة.

وتـتكون الرسـالة مـن ٦ فصول يسبقها مقدمة أثرية ويمكن تلخيص محتويات الرسالة فيما يلى .

الفصل الأول: دراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية

يـبدأ هـذا الفصـل بمقدمـة أثرية تتناول أهمية أدوات الإضاءة الخزفية فى الحياة الاجتماعـية ومدلـولاتها الاقتصـادية، وكـذلك الزخارف الموجودة على المسارج مثل الـزخارف النباتـية والهندسـية والكتابات ، وتتناول أيضا أشكال المسارج المختلفة مثل المسـارج اللـوزية والمسـارج ذات البدن الكروى والمسارج على شكل صندوق وهناك مسارج على شكل طبق وأخرى ذات بدن أسطوانى .

و يهـتم هـذا الفصـل بدراسـة خامات وتقنية أدوات الإضاءة وتم تقسيم أدوات الإضـاءة حسـب تكوينها إلى بدن وتزجيج. ويتكون البدن من الطفلة كمادة أساسية وتم دراسة أنواع الطفلة المختلفة مثل الكاولين ومجموعة السمكتيت والإيليت وطفلات الأوانى الأرضـية والطفلات الكروية وطفلات الأوانى الحجرية بالإضافة إلى طفلات الحرق ، وكذلك تم دراسة الخصائص المختلفة للطفلة .

وقـد اسـتخدمت مـع الطفلة بعض المواد المضافة بقصد تحسين خواصها عند التشـغيل وللحصـول علـى منتج جيد، وقد وجدت بعض هذه المواد بصورة طبيعية فى الطفلـة والـبعض الآخر أضيف عمداً ومن هذه المواد الرمل ومسحوق الحجر الجيرى ومسحوق الفخار .

أمـــا التزجيج فيتكون من السليكا كمكون أساسى ومن الألومنيا كمادة متحكمة فى اللـــزوجة وأخيـــراً المـــواد المصـــهرة التـــى تتنوع فمنها أكاسيد الرصاص والصوديوم والبوتاســـيوم والكالســـيوم ، وقـــد أضيفت بعض المواد الملونة إلى التزجيج مثل أكاسيد الحديد والنحاس والتيتانيوم والنيكل .

وتـــناول هـــذا الفصـــل أيضـــاً أساليب صناعة البدن ومنها التشكيل على العجلة والتشـــكيل باليد إلى جانب التشكيل فى قالب ويلى ذلك التجفيف ثم الحرق . ويدرس هذا الفصل أيضا تأثير الحرق على مكونات البدن المختلفة مثل الطفلة والكوارتز والكالسيوم ، أمـــا تطبـــيق التـــزجيج فهى المرحلة التى تلى حرق البدن ، ويتبع تطبيق التزجيج حرق التزجيج .

وهـــناك عدة أنواع من الأفران منها الحرق فى الحفرة، الحرق المفتوح ، الأفران سفلية التيار بالإضافة إلى الأفران عمودية التيار.

الفصل الثانى : خصائص الخزف المختلفة

يتـــناول هذا الفصل خصائص الخزف والدور الذى تلعبه فى التعرف على أسباب التلف وأيضا أهميتها عند القيام بعمليات العلاج المختلفة مثل التقوية والاستكمال .

وتعتبر المسامية ذات أهمية كبيرة حيث أنها ترتبط بالخصائص المختلفة ، وهناك نوعين من المسامية أحدهما المسامية الحقيقة والآخر هو المسامية الظاهرية.

أما القوة فتعبر عن قدرة القطعة على مقاومة الكسر عند تعرضها للاستخدام وتتأثر القـــوة بعوامل عديدة منها المواد الخام التى صنعت منها القطعة وحجم الحبيبات وطريقة التشكيل بالإضافة إلى الحرق .

ويعـــد لون البدن الخزفى أحد الخواص الهامة التى تنتج من إتحاد عوامل مختلفة منها تركيب البدن ودرجة حرارة الحرق وظروفه ، وينتج لون البدن الخزفى إما من تأثير مركبات الحديد أو المواد العضوية بصفة أساسية بالإضافة إلى بعض المكونات الأخرى مثل كربونات الكالسيوم .

وتعتبــر الخـــواص الحـــرارية من الأهمية بمكان بالنسبة لأدوات الإضاءة التى تعرضت لدورات التسخين اليومى أثناء استخدامها ، ويمكن تناول الخواص الحرارية من خـــلال دراســـة الـــتمدد الحرارى و التوصيل الحرارى بالإضافة إلى الصدمة الحرارية وهناك عوامل عديدة تؤثر فى الخواص الحرارية مثل المسامية .

وهناك أيضا الصلادة التى يمكن الحكم من خلالها على جودة البدن وتتأثر الصلادة بظـــروف الحرق وكذلك الشوائب ، أما الكثافة فإنها تتأثر أيضا بالمسامية ودرجة حرارة الحـــرق ومعدله وتتأثر أيضا بالأطوار الزجاجية التى قد تتكون فى البدن ، وهناك أيضا نســـيج البدن الداخلى وسمك جدران القطعة الذى يرتبط بحجم القطعة ومحتواها والهدف المقصود من استخدامها .

الفصل الثالث: عوامل ومظاهر التلف التى تتعرض لها أدوات الإضاءة

تم تقسيم هذا الفصل إلى جزئين هما عوامل التلف ومظاهر التلف بالنسبة لعوامل الـــتلف التـــى تعرضـــت لها أدوات الإضاءة فقد مرت بأربع مراحل أولها هى العوامل المـــرتبطة بالصنـــاعة مثل الخطأ فى اختيار المواد الخام أو وجودها بشكل غير متجانس أو نتـــيجة بعـــض الأخطاء أثناء التشكيل أو التجفيف أو الحرق . وثانى هذه العوامل هى الاســـتخدام وينطبق ذلك تماما على أدوات الإضاءة التى تعرضت لدورات تسخين يومية وكذلك وجود الزيوت المستخدمة والكربون الناتج من الاستخدام. وثالثها التلف الناتج عن الـــدفن والـــدور الذى تلعبه التربة بمكوناتها المختلفة من رطوبة وأملاح أو ارتفاع نسبة الحموضـــة أو القلوية بالتربة، وأخيراً التلف الناتج عن الكشف ويعد من العوامل الخطيرة نظرا للاختلاف بين بيئة التعريض وبيئة الدفن حيث يلاحظ الاختلاف فى الرطوبة النسبية وفى درجة الحرارة ، وهناك أيضا التلف الناتج عن الترميم الخاطئ.

أمـــا بالنســـبة لمظاهـــر التلف فتعتبر أدوات الإضاءة غنية بمظاهر التلف سواء المـــرتبطة بالصناعة أو المرتبطة بالاستخدام ومن هذه المظاهر الشروخ التى تحدث فى البدن والتى تنتج غالبا أثناء عملية التشكيل والتجفيف غير المتساوى وأيضا هناك الالتواء وأيضـــا التصـــدع " الطـــرقعة " وهو من الشروخ النافذة والتى غالبا ما تنتج عن عملية

الحـــرق، أمـــا تشرخ التزجيج ويحدث عند احتواء التزجيج على أكاسيد ذات معدل تمدد حرارى مرتفع مثل الصوديوم والبوتاسيوم .

ومـــن مظاهر التلف الاخري نجد ان تجمع التزجيج و الذي لا يغطى فيه التزجيج كـــل الـــبدن وهـــناك أيضا التقشير والانتفاخ والتبثر والحفر ، وهناك أيضا البقع الدهنية والسوداء الناتجة عن الاستخدام وأيضا التآكل .

الفصل الرابع : دراسة علاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية

نظـــرا لما يوجد فى أدوات الإضاءة من مظاهر تلف عديدة فإنه يلزمها فك الربط بـــين العوالق وسطح الأثر ويتم البدء بالتنظيف الميكانيكى باستخدام الفرش والفرر والإبر يلى ذلك التنظيف الكيميائى باستخدام المواد الكيميائية المختلفة .

ولقـــد أضافت التكنولوجيا الحديثة طرق جديدة يمكن استخدامها فى التنظيف مثل التنظيف بالإنزيمات ، أيضا التنظيف بالموجات فوق الصوتية هذا بالإضافة إلى استخدام الليـــزر فى التنظيف وتعتبر إزالة مواد الترميم القديم من العمليات الهامة خاصة إذا كان الترميم بطريقة خاطئة .

يلى التنظيف استخلاص الأملاح القابلة للذوبان فى الماء أو غير القابلة للذوبان أما عملـــية التجمـــيع فهى ذات أهمية كبيرة وذلك لإعادة الأثر إلى صورته وشكله الطبيعى ويســـتخدم لـــذلك بوليمـــرات عديـــدة يجـــب أن تتوفر فيها عدة خواص مثل قوة الربط والاسترجاعية ، اللزوجة المناسبة ، ومن هذه اللواصق بوليمرات الفينيل مثل البولى فينيل أسيتات والبولى فينيل الكحول والبولى فينيل بيوترال ، وهناك أيضا بوليمرات الاكريليك مثل البارالويد ب ٧٢ .

الـــتقوية لها أهمية كبيرة أيضا حيث أنها تزيد من مقاومة ودوام القطعة ويجب أن تتميز المادة المقوية بالنفاذية وألا تغير من مظهر السطح، ومن المقويات الشائع استخدامها مقـــويات الســـليكون والنايلون الذائب وأيضا راتنجات الأكريليك والفينيل ، ويمكن تطبيق مواد التقوية بعدة طرق منها التنقيط والفرشاة والحقن والرش وأيضا التطبيق بالغمر .

تكون عملية الاستكمال مهمة عند المحافظة على ثبات القطع وأيضا المحافظة على الشكل البنائي للقطع ، ولمواد الاستكمال شروط عديدة كأن تكون قابلة للتشكيل و أن تلتصق بالسطح و أن تكون قابلة للاسترجاع .

ومن مواد الاستكمال المستخدمة الجبس الباريسى والبولى فيلا وأيضا مسحوق الفخار ، وهناك أيضا المواد المساعدة التى تستخدم فى تدعيم مواد الاستكمال بالإضافة إلى مواد التلوين ، أما العرض المتحفى فيعتبر نهاية المطاف بعد إتمام كل مراحل الترميم ويجب الاهتمام بشكل فتارين العرض والتحكم فى الرطوبة النسبية والحرارة بالإضافة إلى التحكم فى الضوء .

الفصل الخامس : طرق الفحص والتحليل

يتناول هذا الفصل طرق الفحص والتحليل التى استخدمت فى دراسة بعض عينات أدوات الإضاءة الخزفية ، وكذلك دراسة بعض مواد الترميم . وقد استخدم الميكروسكوب المستقطب وطريقة حيود الأشعة السينية بالإضافة إلى الميكروسكوب الالكترونى الماسح .

فقد استخدم الميكروسكوب المستقطب فى دراسة نسيج البدن والعلاقة بين البدن والتزجيج وقد تم فحص عدد ١٤ عينة من عينات الفسطاط روعى تشابهها مع العينات قيد الدراسة . أما طريقة حيود الأشعة السينية فقد استخدمت فى تحليل عينات من حفائر الفسطاط وعينات أخرى من مجموعة المتحف . أما الميكروسكوب الالكترونى الماسح المزود بوحدة EDX فقد استخدم فى دراسة البدن وذلك بالفحص والتحليل ، واستخدم أيضا فى دراسة عينات التزجيج لكل من عينات الفسطاط وعينات مجموعة المتحف .

أما بالنسبة لاستخدامه فى دراسة مواد الترميم فقد استخدم فى دراسة مواد التنظيف مثل محلول الكالجون، واستخدم أيضا فى دراسة مدى تغلغل وتغليف مواد التقوية المختلفة لمكونات البدن .

الفصل السادس : الجانب التطبيقى

يتناول هذا الفصل الجانب التطبيقى على مجموعة مسارج من المتحف الإسلامى

بكلية الآثار وتضم هذه المجموعة ٢٤ قطعة . وتم اختيارها ليراعى فيها الاختلاف فى الشكل وفى مظاهر التلف وبالتالى اختلفت فى طرق العلاج .

وقـد وجـد فـى هذه المجموعة عدة مظاهر للتلف مثل الاتساخات والبقع الزيتية بالإضافة إلى ترسيب الكربون على السطح وداخل نسيج البدن ، كذلك تساقط بعض أجزاء مـن طبقة التزجيج وأيضا فقدان بعض الأجزاء من بعض قطع هذه المجموعة كذلك فإن هـناك بعض القطع التى تم ترميمها بطريقة خاطئة . وقد بدأت عمليات العلاج بالتنظيف الميكانيكى فى بعض القطع وبالتقوية المبدئية لبعض القطع التى تتميز بضعفها .

وتـم إزالة الترميم الخاطئ بالطرق الميكانيكية وإزالة البقايا بالمواد الكيميائية. أما عملية الاستكمال فكانت من الأهمية بمكان حيث تم استكمال أجزاء مختلفة لأكثر من ١٦ قطعة بينما تركت المجموعة الباقية بدون استكمال وذلك لعدم وجود دلائل للاستكمال وتم الاستكمال باستخدام مسحوق الفخار المخلوط بمحلول البارالويد ٧٢ بتركيز ٥٠% . وبعد ذلـك تـم التلوين باستخدام ألوان الأكريليك بدرجات مقاربة للون الأصلى ، وبعد التلوين استخدم محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لإعطاء طبقة لامعة على السطح .

مع العلم أنه تم عمل (بالته) ألوان للرجوع إليها عند تلوين الأجزاء المستكملة وفى الـنهاية تـم عـزل القطع التى تحتاج إلى تقوية وذلك لتثبيت طبقة التزجيج من التساقط وحماية القطع من التدهور والتلف .

الأعمال السابقة Previous Work

يعد تناول الأعمال السابقة فى مجال الخزف الأثرى بصفة عامة وأدوات الإضاءة الخزفية بصفة خاصة من الأهمية بمكان حيث أنه لابد من الإطلاع على أهم النتائج التى توصلت إليها هذه الدراسات .

وتعتبـــر التقنـــية مـــن النقاط الهامة التى يجب تتبع الدراسات التى تمت عليها ، وكذلك الدراســـات التـــى تمت على الخواص بالإضافة إلى الأبحاث التى تناولت أهم عوامل ومظاهر الـــتلف التـــى تنفرد بها أدوات الإضاءة ، وكذلك الدراسات المرتبطة بعمليات العلاج والصيانة والعـــرض المتحفـــى . وتعتبر الدراسات التحليلية ذات أهمية كبيرة خاصة فى دراسة الخزف الأثرى لذلك كان لابد من تناول هذه الدراسات الخاصة بالفحص والتحليل .

تعتبـــر أدوات الإضاءة الخزفية من المنتجات التى تناولها العديد من الدارسين والباحثين من الناحية الفنية والأثرية والتاريخية فقد قام Kubiak [١] (١٩٧٠) بدراسة مهمة للمسارج المستخرجة من حفائر الفسطاط وقام بتأريخها . أما Bailey [٢] (١٩٧٥) فقد درس المسارج فى العصر اليونانى الرومانى ودرس طرق الصناعة و تعتبر المسارج فى العصور الإسلامية إمتداد لمسارج العصر اليونانى الرومانى.

أما Philon [٣] (١٩٨٠) فقد عرضت مجموعة من المسارج بمتحف بناكى بأثينا والتى تبـــين تشـــابهها فى الشكل العام والزخارف مع مجموعة المسارج الموجودة بالمتحف الإسلامى بالقاهـــرة. وقـــام أيضـــا Kawatoko [٤] (١٩٨٧) بدراســـة وتأريخ مجموعة المسارج التى اســـتخرجتها البعـــثة اليابانية من حفائر الفسطاط . أما ميرفت عبد الهادى ١٩٩٨ [٥] فقد قامت بدراسة مجموعة المسارج الفخارية والخزفية بالمتحف الإسلامى بالقاهرة حيث قامت بنشر هذه المجموعة ووضعت تقسيما لهذه المسارج طبقا للشكل .

---

(1) Kubiak , W.B.; Medieval Ceramic Oil Lamps from Fustat , Arts Orientalis , VIII, Michigan, 1970.
(2) Bailey , D.M.G.; Greek and Roman Potter Lamps , London , 1975 .
(3) Philon , H.;Early Islamic Ceramics , Benaki Museum , Athens , 1980.
(4) Kawatoko , M.; Oil Lamps from Al Fustat, Orient , Vol. XXIII, 1987 .
(5) مرفت عبد الهادى : المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتى نهاية العصر الفاطمى من خلال مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة . رسالة ماجستير . قسم الآثار الإسلامية . كلية الآثار . جامعة القاهرة . ١٩٩٨ .

وبالنسبة للطفلة وتركيبها وخواصها فقد قسم Grimshaw [١] (١٩٧١) مكونات الطفلة إلــى مكــونات ذات أصل أولى ومكونات أخرى ذات أصل ثانوى تنتج بفعل العوامل الكيميائية والفيزيائية على المعادن الأولية . وأشار أيضا إلى مكونات الطفلة ومنها الفلسبارات التى تحتوى على نسب كبيرة من القلويات والتى تؤثر فى انخفاض درجة الانصهار، وأشار أيضا إلى الدور الذى تلعبه مركبات الكالسيوم عند وجودها فى الطفلة.

بيــنما أضـــاف Hamer[٢] (١٩٨٦) أن الطفلة هى معدن ذو تركيب بلورى لكل منها بلورات منفردة صغيرة يصعب رؤيتها بالعين المجردة وأن الطفلة النقية تحتوى على ٤٧% من السيلكا .

فــى حين أشارت Elsheltawy [٣] (١٩٩٤) إلى أن الطفلة هى أساس الخزف حيث تم اختيارها لجودة خواصها وسهولة الحصول عليها الي جانب تحولها عند الحرق إلى مادة ثابتة . أمـــا المـــواد المعدلــة فأشار Hodges [٤] (١٩٦٤) أنها مواد مالئه ولا تكون لدنة فى الماء ويمكنها أن تقاوم درجة الحرارة عند الحرق .

وأضـــافت Shepard [٥] (١٩٨٥) أن هذه المواد تعمل على تقليل الانكماش واللزوجة واللدونــة وتكثــر هذه المواد فى نسيج البدن كما أن الربط بين الطفلة والمواد المعدلة يكون له تأثير مباشر على قوة البدن .

وأشار Hamer [٦] (١٩٨٦) إلى أحد المواد المضافة عمدا وهو مسحوق الفخار Grog الــذى استخدم لتحسين الخواص أثناء الحرق . وذكر Rice [٧] (١٩٨٧) أن الطفلات الطبيعية نادرا ما تخرج نقية وذلك بسبب الترسيبات المعدنية التي تتواجد معها. أما Bourriau et al [٨] (٢٠٠٠) فقد أشار إلى العلاقة القوية بين المواد المعدلة والحرق والوظيفة .

---

(1) Grimshow, R.W.; The Chemistry and Physics of Clays, 4th edition,London,1971, P.272.
(2) Hamer, F.;The Potters dictionary of materials and techniques, New York, 1986, P.58.
(3) El Sheltawy , H.W. ; Archaeological Geology of ancient Ceramic, MSC thesis , Geology department , Faculty of Science , Cairo University , Egypt , 1994, P.26 .
(4) Hodges, H. ; Artifacts , London, 1964 , P.21 .
(5) Shepard , A.O.; Ceramics for the Archaeologist , Washington , 1985, P.6.
(6) Hamer , F. ; Op. Cit. P.130 .
(7) Rice , P.W. ; Pottery analysis, University of Chicago press , USA, 1987, P.58.
(8) Bourriau , J.D. & Nicholson , P.T. and Rose , P.R.; Pottery , in : ancient Egyptian materials and technology ,edited by Nicholson , P., Cambridge press , London, 2000, P.124.

أما التزجيج فقد ذكر Daly [١] (١٩٩٥) أنه طبقة رقيقة من الزجاج تستخدم على سطح الفخـــار . وقـــد فرق Rhodes [٢] (١٩٩٦) بين الزجاج والتزجيج بأن التزجيج هو عبارة عن زجـــاج حقيقـــي ولكـــن حـــدث لمكـــوناته تعـــديل وهـــي لصقه على سطح الفخار. وأضاف Henderson [٣] (٢٠٠٠) أن التزجيجات لها نفس خواص مواد الزجاج .

وبالنســـبة لمكونات التزجيج فقد قسمت Peterson [٤] (١٩٩٥) مكونات التزجيج وهى ثـــلاث مجمـــوعات الـــي المواد المكونة للتزجيج مثل السليكا ثم مجموعة المواد المتحكمة فى اللزوجة مثل الألومنيا والمجموعة الأخيرة هى المواد المصهرة Fluxes .

فى حين أن أشهر المواد الملونة فى البدن و التى أشار إليها Kenny [٥] (١٩٥٨) هى أكاســـيد الحديد حيث أنها عادة ما توجد فى الطفلة وتعطى درجات مختلفة حسب كمية الأكسيد الموجـــودة وكـــذلك نتيجة ظروف الحرق . وأضاف Grimshaw [٦] (١٩٧١) أن هناك عدة عـــوامل تؤثر فى لون التزجيج وهى كمية مادة التلوين وحجم الجزيئات وعملية الحرق (درجة الحـــرارة ، جـــو الفـــرن ، مدة الحرق) وأضاف أيضا أن أكاسيد النحاس تعطى ألوان ما بين الأزرق والأخضـــر . وأضـــاف Hedges [٧] (١٩٨٣) أن استخدام كميات مختلفة من النحاس يعطى درجات مختلفة وكذلك إضافة الحديد إلى النحاس يحسن اللون الأخضر الناتج .

وقـــد تنوعت الطرق التى شكلت بها أدوات الإضاءة الخزفية . فبالإضافة إلى التشكيل باســـتخدام العجلـــة أضـــاف Bailey [٨] (١٩٧٢) طريقة التشكيل باليد حيث يتم تقليل سمك الجـــدران وذلـــك بســـحب الطفلة من القاعدة ، أما طريقة التشكيل فى قالب فقد أشار إليها Al-Hassan & Hill 1986 [٩] ، وذلـــك بعمل قالب من مادة مسامية توضع فيه مستحلب الطفلة ويتم تحريكها حتى تجف وتأخذ الشكل الداخلي للقالب .

---

(1) Daly , G.; Glazes and glazing techniques , London , 1995, P. 7.
(2) Rhodes , D.; Clay and glazes for the potter , London , 1996, P.79 .
(3) Henderson , J. ; The Science and archaeology of materials , London, 2000 , P. 130 .
(4) Peterson, S.; The Craft and art of Clay , London , 1995, P. 312.
(5) Kenny , J.B. ;The complete book of pottery making , New York , 1958, P.192 .
(6) Grimshaw. R.W. ; OP. Cit., P. 353 .
(7) Hedges , R.E.M.& Kaczmarcy , K. ; Ancient Egyptian Faience , England , 1983, P.194 .
(8) Bailey , D.M.; OP. Cit., P.13 .
(9) Al-Hassan , A.& Hill , D.R.; Islamic technology , An illustrated History , Unesco , 1986, P.164..

وأضـــافت Shepard [١] (١٩٨٥) أن الجـــو المؤكســـد فى الحرق يتطلب تيار هواء بالإضافة إلى درجة حرارة كافية لحرق المواد الكربونية وتتم هذه العملية قبل بدء التزجيج، أما الجو المختزل فقد أشار Hodges [٢] (١٩٦٤) أنه يكون موجودا عندما يكون وقود الفرن رطبا ولايحدث إمداد للفرن بالهواء فيكون اللهب مصحوبا بالدخان .

أما Henderson [٣] (٢٠٠٠) فأشار إلى العوامل المؤثرة فى جو الحرق وهى تدفق الهواء وكذلك الإتزان بين الغازات مثل الأكسجين وأول ثانى أكسيد الكربون أثناء الحرق .

وبالنسبة لخواص الخزف فإن المسامية تعد من الخواص الهامة كما أشارت Shepard [٤] (١٩٨٥) حيث أنها ترتبط بكل من الكثافة والقوة والنفاذية ، وتعتبر نقطة التزجج من العوامل المحـــددة للمســـامية . وأشار Rice [٥] (١٩٨٧) إلى بعض العوامل المؤثرة فى المسامية ومنها حجـــم وشـــكل جـــزئيات الطفلة وترتيب هذه الجزيئات . وأشار Rice [٦] (١٩٩٨) إلى علاقة المسامية بالقوة حيث أن القوة تنخفض مع زيادة حجم الحبيبات .

أمـــا بالنســـبة للقـــوة فقـــد أشار Grimshaw[٧] (١٩٧١) إلى الدور الهام الذى يلعبه التركيب الكيميائى فى قوة المنتج الخزفي ، وأضاف Rice [٨] (١٩٨٧) أن هناك عدة خصائص أخـــرى تعـــتمد عليها قوة الخزف منها طريقة التشكيل وظروف الجفاف والحرق بالإضافة إلى الظروف الحرارية عند الاستخدام .

وقـــد أضـــاف Grim [٩](١٩٦٢) أن لون الطفلة عند تسخينها يتوقف على المواد غير الطفلية وكذلك ظروف الحرق . وأشارت Shepard [١٠] (١٩٨٥) أيضا الي الألوان الناتجة من خلال المقاطع الدقيقة .

---

(1) Shepard , A.O. ; OP. Cit., P. 81 .
(2) Hodges, H.; OP. Cit., P. 40 .
(3)Henderson , J.; OP., Cit., P. 131 .
(4) Shepard, A. ; OP. Cit., P.125 .
(5) Rice, P.; OP. Cit., P. 530.
(6) Rice, R.W.: Porosity of Ceramics , New York, 1998, P.224.
(7) Grimshaw, R.W.; OP. Cit., P. 871.
(8) Rice , P. ; OP.Cit., P.140.
(9) Grim, R. ; Applied clay mineralogy , M.C. Graw- Hill Book Company , London , 1962, P. 122.
(10) Shepard, A.; OP. Cit., P. 103 .

فـــى حين أشار Grimshaw [١] (١٩٧١) إلى العوامل المؤثرة فى الخواص الحرارية ومـــنها التركيب بالإضافة إلى أخذ الوظيفة المطلوبة فى الاعتبار ، و أشار أيضا إلى المشاكل التـــى تحدث نتيجة عملية التجفيف غير السليمة ، وأضاف Watchman [٢] أن الحرارة تسبب ضغوطا داخلية تسبب انتشار الشروخ .

أما التلف الناتج عن الوظيفة " الاستخدام " فقد أشار Ibrahim &Sadek [٣] (٢٠٠٢) إلى الدور الذى تلعبه الحرارة فى أدوات الإضاءة ويؤدى ذلك إلى زيادة معدل التلف .

وقد أشار DeGuechen [٤] (١٩٨٤) إلى الظروف التى يدفن فيها الأثر والتى تتميز بغـــياب الضوء ووجود الأملاح ، وأضافت Peterakis [٥] (١٩٩٩) أن هناك بعض الأملاح التـــى تـــتكون نتيجة الدفن فى التربة الملحية . وأشارت Charola [٦] (٢٠٠٠) إلى أن حركة الأملاح تعتمد على الظروف المحيطة ، وأضاف Selwitz [٧] (٢٠٠٢) أن نمو بلورات الأملاح يؤدى إلى حدوث ضغوط ميكانيكية حيث تؤدى هذه البلورات إلى دفع جدران المسام .

وبالنسبة لمظاهر التلف فقد أشار Hamer [٨] (١٩٨٦) إلى أهم المظاهر التى يمكن أن تنـــتج بسبب عيوب الصناعة مثل الشروخ والزحف والتبثر وكذلك بعض المظاهر الأخرى التى يمكـــن ملاحظـــتها فـــى التزجيج مثل تشرخ التزجيج أو الانتفاخ بالإضافة إلى الحفر.وأضاف Franklin & Vitali [٩] (١٩٨٥) إلـــى التآكل الذى يمكن أن يحدث نتيجة وجود القطعة فى بيئة بها محاليل ذات ملوحة أو بها بعض المواد الحامضية .

---

(1) Grimshaw, R.W.; OP. Cit., P. 435.
(2) Watchman, J. B.; Mechanical properties of ceramics , John Wiley & Sons , New York , 1996, P.247.
(3) Ibrahim , M.M.& Sadek, H.; Features of the physical deterioration of the Islamic Ceramics from Egypt a cases study , in : Second conference of middle Egypt in Fayoum , 2002, P.87.
(4) DeGuechen , G. ;Object interred , object disinterred , in conservation on archaeological excavation , edited by price , N.S., ICCROM, Rome , 1984, P.21.
(5) Paterakis , A.B.; Those evasive salt crystals , the 12th triennial ICOM meeting , Lyon , 1999, Vol.2. P.799.
(6) Charola, E.A.; Salts in the deterioration of porous materials ; An overview , in : JAIC , 39, 2000, P.328.
(7) Selwitz , C.A. ; The evalution of crystallization modifiers for controlling salt damage to time store , in : Journal of cultural Heritage, 3,2002 , P. 205 .
(8) Hamer , F.; Op. Cit., P. 95 .
(9) Franklin , U.M. & Vitali,V. ; The environmental stability of ancient ceramics , Archaeometry , 27(1), 1985, P.3.

وفيما يتعلق بعملية العلاج والصيانة فقد قام Gibson [1] (١٩٧١) بإجراء عملية التنظيف باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز ٣% فى الماء و ذلك لتنظيف الفقاعات والحفر. وأشار Stambolov [2] (١٩٧٦) إلى أن الشد السطحى Surface tension هو المحدد الأساسى لكفاءة التنظيف. وأضاف Alessandrini et al [3] (١٩٩٣) أن التنظيف هو عملية إزالة من السطح وهى عملية كيميائية بين البدن الصلب والسائل المنظف . وأشار Hamilton [4] (١٩٩٤) إلى استخدام محلول Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid (EDTA) فى استخلاص البقع المعدنية مثل بقع الحديد .

أما بالنسبة لعملية التجميع فقد أشارت Bradley [5] (١٩٨٤) إلى أن المواد اللاصقة تقوم بتجميع الأجزاء المكسورة وذلك بتكوين روابط لكلا السطحين ومن نظريات الالتصاق النظرية الميكانيكية والكهربية والفيزيوكيميائية ونظرية الانتشار. وأضاف محمد مصطفى ١٩٩١ [6] أن التجميع يساعد فى إعادة الأثر إلى صورته وشكله الطبيعى الذى كان عليه قبل الكسر. وأشار Newey [7] (١٩٩٢) أن المواد اللاصقة يجب أن تكون ذات قوة كافية لإعطاء القطعة قوة مناسبة بعد التجميع تمكننا من تناوله ونقله.

فى حين أن التقوية أشار إليها Clifton [8] (١٩٨٤) بأنها تزيد من قوة القطعة وذلك بتكوين شبكة من المادة المقوية .

---

(1) Gibson , B.M. ; Methods of removing white and black deposits , studies in conservation , 1971, P.20.

(2) Stambolov , T.; The deterioration and conservation of porous building materials in monuments , 2nd edition , Rome , 1976, P.36 .

(3) Alessandrini, G. et al.; The cleaning of deteriorated stone minerals, in conservation of stone and other materials , edited by thiel, M.J., Vol.2, UNESCO, Paris , 1993, P. 503.

(4) Hamilton M. D.;Method of Conserving Archaeological materials culture , conservation of archaeological resource , USA, 1994, P.18.

(5) Bradley , S.; Strength testing of adhesives and consolidants for conservation purposes , in adhesives and consolidants edited by , Brommelle, N.S. et al , IIC, London, 1984, P.24.

(6) محمد محمد مصطفى : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك فى مصر مع ترميم وصيانة قطع فخارية أثرية ، رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، سنة ١٩٩١ ، ص ١٤١ .

(7) Newey , C. et al ; Science for conservators , Book 3 , Adhesives and coating , London , Crafts council , 1992, P. 49 .

(8) Clifton , J. R., Laboratory evaluation of stone consolidants, in : Adhesives and Consolidants , edited by Brommelle , N. et al , Paris , 1984, P.151.

أضافت Paterakis [١] (١٩٩٣) أن مركبات السيلان من المواد الجيدة التى استخدمت فـى التقوية وذلك بسبب قدرتها على عمل روابط كيميائية بين المكونات . وبالنسبة للاستكمال فقد قامت Loretta et al [٢] (١٩٩٦) باستخدام طفلة سهلة التشكيل لاستكمال الأجزاء المفقودة وذلـك مـع مراعاة درجة الانكماش ثم يتم حرقها يلى ذلك تلوينها ولصقها . أما Sandra [٣] (١٩٩٨) فقامت باستخدام البارلويد ب ٧٢ المخلوط بالميكروبالون Microballon .

وبالنسـبة للتحالـيل والفحوص فقد قام Matson [٤] (١٩٦٠) باستخدام الميكروسكوب المسـتقطب فى دراسة العلاقة بين البدن و طبقة التزجيج . وأشار Whitbread [٥] (١٩٨٦) إلـى أهمـية اسـتخدام الميكروسكوب المستقطب فى دراسة المحتويات Inclusions . وفى دراسة قام بها Mason et al [٦] (١٩٩٠) على بعض العينات الخزفية من حفائر الفسطاط وجد أنها تحتوي على كسر صخور بازلتية وبركانية بالإضافة لبعض حبيبات الكربونات .

أمـا طـريقة حـيود الأشعة السينية فقد ذكر Rice [٧] (١٩٨٧) إلى أنها تستخدم فى التعـرف علـى المكونات التى يحتويها البدن وكذلك المواد غير اللدنة مثل الكوارتز والفلسبار والكالسـيت . وأضاف محمد مصطفى ١٩٩١[٨] أن استخدام طريقة حيود الأشعة السينية تساعد فـى التعـرف على التغيرات المعدنية التى حدثت عند حرق الطفلة وبالتالى تساعد فى التعرف على درجة حرارة الحرق وخاصة عند مقارنة الأنماط المعدنية المتعرف عليها مع المعادن التي تم فحصها في المقطع الرقيق لذات العينات الخزفية تحت الميكروسكوب المستقطب .

---

(1) Paterakis, A.B.; The consolidation and desalination of ceramic Impregnated with calcium acetate , the 10th trienail meeting of ICOM committee for conservation , Los Angeles , 1993, P.704.

(2) Loretta, H. et al ; Reconstructing major missing areas of ceramics vessels using clay in 11th triennial meeting of ICOM , Scotland , 1996, PP.833-838.

(3) Sandra, S. ; British Bronze Age pottery , An overview of deterioration & current techniques of conservation at the British museum , in : the conservator , No.22, England, 1998, P.3-11.

(4) Matson, F.R. ; the quantitative study of ceramic materials in the application of quantitative methods in archaeology, edited by Heizer, R.F. and Cook, S.,Chicago,1960, P. 42 .

(5) Whitbread , I. K.; The characterization of Argillaceous in Ceramic thin section , Archaeometry (28) , 1986, P.79.

(6) Mason R.B. & Keall, E.J.; Petrography of Islamic Pottery from Fustat , In: JARCE , XXVII, American Reseach Center in Egypt , 1990, P. 166.

(7) Rice , P.; OP. Cit., P. 311 .

(8) محمد محمد مصطفى : المرجع السابق ، ص ١٩٧ .

وقـد استخدم Maniatis et al [1] (١٩٨٢) الميكروسكوب الالكترونى الماسح SEM فـى الكشف عن حدوث تزجـج داخلى من خلال دراسة التركيب الداخلى Microstructure وأشـار Tite et al [2] (١٩٨٢) إلى أن SEM يستخدم فى التعرف على درجة حرارة الحرق مـن خلال المقارنة مع العينات التى يتم إعادة حرقها فى المعمل . وأضاف Colomban et al [3] (٢٠٠٣) أن الميكروسـكوب الالكترونـى الماسـح المزود بوحدة تحليل يستخدم فى تحديد مكونات التزجيج خاصة العناصر الملونة فى التزجيج.

([1]) Maniatis , Y. et al.; Technological examination of Low fired terracotta statutes from Ayia Irini, Kea, Archaeometry ,Vol. 24(2) 1982, P. 192.

([2]) Tite M.S. et al ; The Use of Scanning Electron Microscope ,in : The Archaeological Ceramics , edited by olin , J & Franklin, A. , Ssmithsonian Institution press, Washington .D.C., 1982, P. 159.

([3]) Colomban P. et al ; Microstructure , composition and processing of the 15th century Vietnames Porcelains and Celadon ,in : Journal of culture heritage , Vol. 4(3) 2003, P. 180.

الفصل الأول

دراسة خامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية

مقـــــدمة أثريــــــة

تعد دراسة أدوات الإضاءة الخزفية من الدراسات الهامة وذلك لما لها من مدلولات اجتماعــية واقتصـــادية و تتميز هذه المسارج بأشكال متنوعة وزخارف رائعة، كما أنها استخدمت فى قصور الأغنياء ومنازل الفقراء فهى تعبر عن طبقات المجتمع المصرى .

وتنوعت أساليب الصناعة فبعض المسارج تم تشكيلها بالصب فى قالب والبعض الأخر تم تشكيلها على العجلة وأخيرا التشكيل باليد .وتعتبر المسارج سجلا بكل أنواع الزخارف النباتية مثل أوراق وعناقيد العنب وكيزان الصنوبر وأوراق الأكانثاس وكذلك الزخـــارف الحيوانية وفى بعض الأحيان الزخارف الهندسية[1] .

وتمتاز المسارج بتنوع أشكالها فمنها الشكل اللوزى والكـــروى وكذلك شكل الطبق بالإضافة إلى المسارج التى تتميز بشكل الشمعدان وأخر يتميز بشكل البوتقه وشكل ورقة الشجر والبعض الأخر يتميــز بشكل القارب أو الحيوان أو لعب الأطفال ، في حين تميزت المقابض بالشكل المخروط أوالحلقى أو المقبض على شكل حيوان أو طائر كما يتضح في الصورة رقم (١) لقطعة من متحف كلية الآثار.وفيما يلى أهم أشكال المسارج :

١ - المسارج اللوزية

يــتم تشكيل هذا النوع من المسارج باستخدام القالب بحيث يضغط فى قالب ثم يتم لصـــقهما بعــد ذلــك . ويعتبـــر هذا الشكل من أكثر أنواع المسارج شيوعا. والزخارف الموجودة فى هذه المسارج تتميز بأنها بارزة وذلك بسبب القالب[2].

والزخارف التى توجد على هذه المسارج إما تكون نباتية أو حيوانية أو هندسية وقد تكون زخارف كتابيه وهذه الزخارف متأثرة بالتقاليد الساسانية والهيلينستية والقبطية ويتضح ذلك من خلال رسم أوراق وعناقيد العنب وسعف النخيل وكيزان الصنوبر وورقة الأكانثاس ورسم الحمام والأسماك . وتختلف هذه المسارج فى شكل المقبض والقاعدة فقد

([1]) مرفت عبد الهادى : المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتي نهاية العصر الفاطمى من خـــلال مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة . رسالة ماجيستير ، قسم الآثار الإسلامية . كلية الآثار. جامعة القاهرة ١٩٩٨. ص١.

(2) Fehervari, G. , Early Islamic Pottery , Kuwait, 1995, P. 24 .

يكون المقبض مخروطى الشكل أو على شكل لسان ينحنى طرفه ناحية الخلف فى حين أن القاعدة قد تكون مستديرة حلقية بها زخارف بسيطة أو لوزية مسطحية تأخذ نفس شكل المسرجه[1] . والعناصر الكأسية من أهم العناصر الزخرفية وهى من العناصر الهيلينستية وكيزان الصنوبر هى وثيقة الصلة بالفن الساسانى وكذلك الأوراق الرمحية التى مصدرها الفن الساسانى بالإضافة إلي المراوح النخيلية وأصلها الفن الأغريقى[2] .

٢ ـ المسارج ذات البدن الكروى

تتميز المسارج بالبدن الكروى والقاعدة الحلقية المقعرة إلى الداخل والرقبة الأسطوانية التى تكون جوانبها وفوهتها قمعية الشكل أيضا، والمشعل بارز ممتد الي مقبض حلقى يلتصق طرفه بالبدن ويلتصق الطرف الأخر بالرقبة [3]، كما توضح الصورتان رقمى (٢)و(٣) بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار. وتصنع هذه المسارج بواسطة العجلة ويغطى بدن هذه المسارج طبقة من التزجيج داخليا وخارجيا ، وتختلف المسارج الكروية فى أحجامها فمنها متوسط الحجم وصغير الحجم ومسارج أخري كبيرة الحجم .

٣ ـ المسارج على شكل صندوق

يتم تشكيل هذا الطراز من المسارج بطريقة الضغط فى قالب للجزء العلوى وأخر للجزء السفلى ثم يلصق الجزاعين معا وتغطى مسارج هذا الطراز بطبقة التزجيج من الداخل والخارج وتكون هذه الطبقة بألوان مختلفة . ويتميز هذا النوع من المسارج بالشكل المستطيل ويرتكز هذا الصندوق على أربعة أرجل وتوجد فى قمة المسرجة فتحة الزيت والمقبض يعلو سطح المسرجة وقد يكون للمسرجة مشعل واحد أو مشعلين كما توضح الصورة رقم (٤). والاختلاف بين مسارج هذا الطراز تكون فى شكل المشعل وفى شكل فتحة الزيت حيث أنها تكون لوزية أو مستديرة [4] .

٤ ـ المسارج ذات البدن على شكل طبق

تشبه هذا المسارج فى شكلها الطبق مع اختلافات بسيطة وتختلف أشكال هذا الطراز فقد

([1]) مرفت عبد الهادى : المرجع السابق ص ٢٤ .

([2]) فريد شافعى : العمارة العربية فى مصر الإسلامية . المجلد الأول عصر الولاه ، القاهرة ١٩٧٠ ص٩٥.

([3]) Bailey ,D.M.G., Greek and Roman Pottery Lamps , London. 1975 , P 19.

([4]) مرفت عبد الهادى : المرجع السابق ص١٥٨ .

تكون مجرد طبق مضغوط جزء صغير من حافته لتمسك بالفتيل أو تكون المسرجة على شكل طبق فى وسطه يوجد جزء مستدير ملتصق بالقاعدة وبه ثقب صغير يوضع به الفتيل وتمتد منه إلى حافة الطبق المضغوط وهذا الثقب يسمح بنفاذ الزيت من خلاله إلى طرف الفتيلة كما في الصورة رقم (٥) . وهناك نوع أخر ينقسم إلى قسمين جزء سفلى وهو على شكل طبق مضغوط جزء منه للإمساك بالفتيل والجزء العلوى يكون أصغر فى الحجم بحيث يرتكز فوق الجزء السفلي وهو أشبه بغطاء .

بينما هناك طراز آخر يكون على شكل طبق بواسطة عمود ترتكز فوقه المسرجة أما الشكل الأخير لهذا الطراز تكون فيه المسرجة على شكل طبق له حافة أو أطار ينثنى إلـى الداخل وله مقبض يشبه شكل المقبض فى الطراز الثاني وفى مقابل المقبض يوجد ثقب يصل بين المسرجة والمشعل الممتد حيث ينفذ الفتيل من خلاله [1] .

٥ ـ المسارج ذات البدن الأسطواني

وهـي مسـارج ذات شكل اسطواني أو دائري وغير عميق البدن ومزود بمشعل ممتد إلى الأمام أسطواني الشكل أيضا والمقبض حلقى يلتف تجاه فتحة الزيت التى تتوسط سطح المسارج . وبالإضافة إلى الأشكال السابقة فإن هناك أشكال أخرى للمسارج بعضها على أشكال حيوانات والبعض الأخر على أشكال ورق الشجر أو شكل القارب وقد اكتفى الخزاف بوضع طبقة من التزجيج على هذه المسارج ولم يقم بعمل زخارف عليها .

الوقود والفتائل Fuel and Wicks

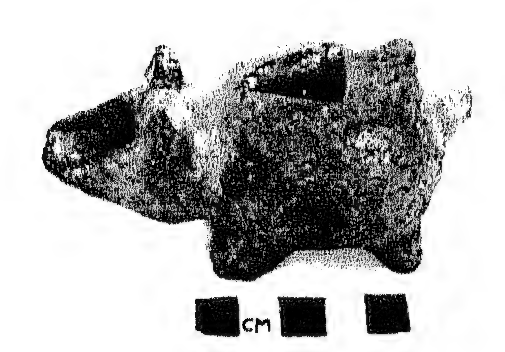
كانت الفتائل المستخدمة تصنع من الكتان أو نبات الخروع أو من الألياف النباتية حيث كانت تقوم بامتصاص الزيت من المسرجة بالخاصية الشعرية .

أمـا الزيوت المستخدمة فى الإضاءة فإن زيت الزيتون هو الوقود الأساسي منذ العصر اليونانـي الرومانـي [2]. وكـان المصـريون يسـتخرجون زيت الزيتون من زراعات الفيوم والإسكندرية كما أن زراعة الكتان كانت منتشرة فى أماكن شتى بمصر [3] .

([1]) مرفت عبد الهادي: نفس المرجع ص ١٦٨ .

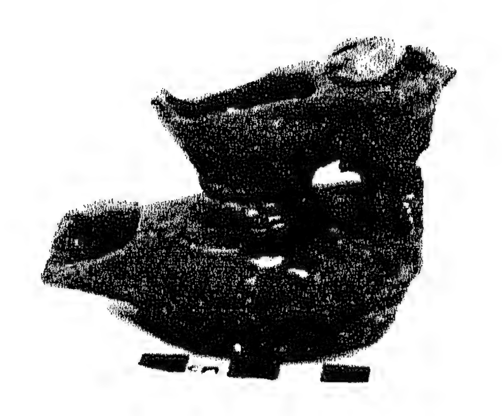
(3) Bailey , D . M. ;Op. Cit P . 10 .

([3]) السـيد طه أبو سديرة : الحرف والصناعات فى مصر الإسلامية : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة سنة ١٩٩١س ص ٣٢٦ .



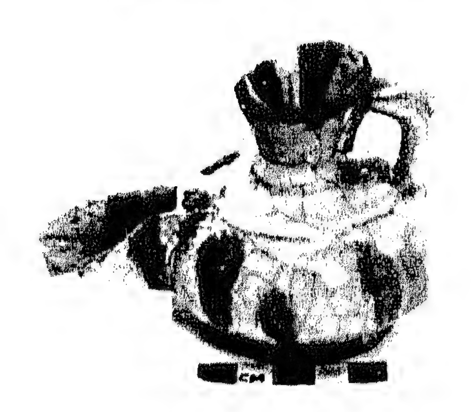
صورة رقم (١) توضح

أحد المسارج على شكل حيوان



صورة رقم (٢) توضح مسرجة ذات بدن

كروى ويلاحظ أن المقبض على شكل فأر.



صورة رقم (٣) توضح أحد المسارج

ذات البدن الكروى والتزجيج الميرقش.



صورة رقم (٤) توضح مسرجة على شكل

صندوق وتتميز بوجود مشعل واحد .



صورة رقم (٥) توضح

مسرجة على شكل طبق.

تعـد أدوات الإضــاءة الخــزفية مــن المنتجات الشائعة ذات الخصائص المميزة فى طرق إنــتاجها. وعــادة مــا يــتم العثور على هذه الأدوات فى مواقع الحفائر وكذلك توجد فى العديد من المتاحف؛ لذلك كان لابد من دراسة هذه الأدوات التى تتكون من بدن وتزجيج حيث تنوعت مكونات كــلا منها ، ويلقي هذا الفصل الضوء علي الخامات التى استخدمت فى صناعة هذه الأدوات، كذلك طــرق الصــناعة مــنذ الحصول على المواد الخام حتى يتم الوصول إلى الشكل النهائي. وتتكون المسارج من بدن و تزجيج.

أولا : البدن Body

يمكــن تعــريف البدن بأنه خليط من الطفلات فقط أو طفلات ومواد آخرى تخلط للحصول علــى خواص خزفية خاصة [١] .ومن المعروف أن معظم الطفلات لا تستخدم منفردة ولكن تستخدم مــتحدة مــع عناصر أو مواد أخرى غير طفلية تضاف إلى البدن الطفلى ،ويتكون البدن الطفلى في هذه الحالة من مواد لدنه plastic materials مثل الطفلات ومواد متحكمه في الكثافه- a density Controlling وهــي تســاعد علــي الصــهرflux وأخيــرا المواد المالئهfiller لخفض اللزوجة والانكماش

وفــى بعض الأحيان توجد بعض الشوائب بالطفلة والتي تقوم بدور المواد المصهرة ويقوم الــرمل الموجود مع الطفلة بدور المواد المالئة؛ وعادة فإن الطبيعة تحتوى على الخليط الذى يكون بــدنا طفلــيا حــيث أن الترســيبات الطفلــية تخــتلط مع المواد المصهرة والمواد المالئة فى كتلة واحدة[٢].وفيما يلى أهم مكونات البدن الطفلى :-

١ - الطفلة Clay

تعتبر الطفلة أساس الخزف [٣]وقد أختارها القدماء وذلك لما تتميزبه من خواص مثل اللدونة، اللون، وكذلك لإنتشارها ، رخص سعرها كما انها تصبح ثابته عند حرقها [٤]

ومن الصعب وضع تعريف محكم ومحدد للطفلة وذلك لأن هذا المصطلح استخدم مع مواد مخــتلفة الأصــل والتركيب [٥]، وتنتج الطفلة من أنهيار وتفتت الصخور النارية المرتفعة في نسبة

---

(1) Rhodes , D.;Clay and glazes for the potters, London , 1996, P.24.

(2) Peterson, S.; The craft and art of clay , London , 1995 , P . 138 .

(3) Sinopoli, C.M., Approaches to archaeological ceramic, plenum press, Newyork,1991, p150.

(4) Elsheltawy , H .M .;Archaeological Geology of ancient ceramic , MSC thesis , Geology department , Faculty of science , Cairo university ,Cairo, Egypt,1994 , P.26.

(٥) Shepard , A.O.;Ceramics for the Archaeologists, Washington ,1985 , p .6 .

الألومنـيا مثل "الميكا و الفلسبارات" وتتفتت هذه الصخور بواسطة العمليات الميكانيكية مثل الرياح ، المـياه، الحـرارة ،وكـذلك العملـيات الكيميائـية مـثل الأحماض أو مكونات كيميائية أخرى أو البيوكيميائية نتيجة الأنشطة النباتية [١].

ويذكـر Hodges [٢] (١٩٦٤)أن الطفلة هى ترسيب الجزئيات الصغيرة الناتجة من تجوية الصـخور الأصليه وتوجد منه جزيئات قليلة يزيد قطرها عن ٠,٠١مم، وأساس معظم الطفلات هو سـيليكات الألومنـيوم المائية $AL_2O_3.2SIO_2.2H_2O$ التى تنشأ من تفكك وتحلل الصخور النارية حـيث أن أكاسـيد البوتاسيوم أوالصوديوم الموجودة بالفلسبارات تهاجم وتذاب طبيعيا بسبب وجود الأحمـاض فى التربة لذلك فإن الكاولينيت لا يوجد فى صورة نقية فى الطبيعة ففى أفضل الأحوال يوجد معه معادن نشأت من صخور نارية مثل الميكا.

والطفلـة هـى معـدن ذو تركيب بلورى لكل منها بلورات منفردة صغيرة يصعب رؤيتها بالعـين المجـردة ، ويصـف جميع العلماء الطفلة بأنها طين ترسب بواسطة الأنهار فى البحيرات والبحار واثناء النقل تطحن الطفلة وتخلط بالشوائب[٣].

وتـتكون الطفـلات فـى حالـتها الطبيعية من معادن ذات أصل أولى primary origin minerals of وهـي توجد فى الصخور النارية ولم تعانى من تغيرات واضحة فى التركيب وهى مـواد أولية و معادن من أصل ثانوى minerals of secondary origin وهى تنتج بفعل العوامل الكيميائـية والفيـزيائية علـى المعادن الأولية وتحولها إلى معادن ثانوية [٤] . ويعتبر Kromer [٥] (١٩٨١) الطفلـة صخور ثانوية تتميز بالدقة حيث أن حجم جزيئاتها أقل من ٢ ميكرون . ونادرا ما تكـون مواد الخزف نقية بالرغم من أنه فى بعض الحالات يكون نوع واحد من الطفلات شائعا، إلا أن الشوائب الموجودة هامة جدا فى تحديد خواص هذا الخزف .وتحتوى الطفلات على أنواع عديدة من المعادن[٦] .

---

(1) Nelson ,K. ;Ceramic Analysis in Archaeology Manual , Institute of international . Education subcontract ,1999 , pp . 69-83

(2) Hodges, H . ; Artifacts,London,1964,p.21.

(3) Hamer, F.; The potter's dictionary of materials and techniques , New York ,1986 ,p .58.

(4) Grim shaw R.W. ;The chemistry and physics of clays ,fourth edition, London,1971, p. 272.

(5) Kromer ,H. ; Mineralogical and technology characteristics of ceramic clays, in international clay conference, Amsterdam , 1981 ,pp .685-697 .

(6) Grimshaw,R.W.; Op Cit , p .271.

لــذلك يجــب الإشارة إلى أهم مكونات الطفلات أو المكونات التى توجد فى الطفلة بصورة طبيعــية وبملاحظــة تركيب الطفلة نجد أن أهم المكونات هوالسليكا ثم الألومينا هذا بالإضافة إلى بعض الشوائب التى تنتج من الترسيب مثل الفلسبارات ، ترسيبات الحديد ، الكالسيوم [١] .

أ- السيلكا Silica SiO_2

تتكون الطفلات النقية من ٤٧% من السيلكا [٢] . وتتواجد السيليكا فى الطفلات إما فى حالة حــرة مــثل الكوارتز أو في صورة أشكال أخرى متبلورة وقد تكون غير متبلورة ، مائية ، سيليكا دقــيقة أو فــى حالــة مــتحدة مع الألومينا فى شكل الطفلة ومعادن الطفلة أو مع المواد المصهرة والألوميــنا فــى شكل الفلسبارات والميكا ، سيليكات الألومنيوم أو مع قواعد أخرى مكونة سليكات بســيطة مــثل الولاســتونيت Wollastonite وتعمل السليكا على تقليل لدونة الطفلة وكذلك تقليل معــدل إنكماشــها عــند الحرق ، ويلعب حجم الحبيبات للسليكا دورا هاما حيث أن الحبيبات دقيقة الحجم تتفاعل عند درجة حرارة منخفضة بينما الحبيبات الكبيرة تعمل على زيادة المقاومة الحرارية للطفلة [٣] .

ب- الألومينا Alumina Al_2O_3

أن الألوميــنا تــوجد فــى الطفــلات لــيس فقط فى صورة معادن طفلية ولكن أيضا فى الفلســبارات والمــيكا والهورنبلــند ، التورمالــين ومعادن سيليكات الألومنيوم المتشابهة وهي كلها متوســطة الإنصهار، كما أن طفلات الهالوسيت Hallosite تحتوى نسبة من الألومينا الحرة فى صورة الجيبسيت [$Al(OH)_3$] Gibbsite. وتقوم الألومينا بتقليل اللدونة لأنها غير لدنة بالإضافة إلى أنها تزيد المقاومة الحرارية للطفلة [٤].

جـ – الفلسبارات Feldspars

الفلســبارت هــى أصل الطفلة التي لم تكن موجوة عند نشاة الكرة الأرضية ولكنها تكونت بــتفكك وتحلل هذة الصخور الفلسبارية [٥]، والفلسبارت هى مجموعة معادن الألومنيوسيليكات التى تحتوى واحد أو أكثر من معادن سيليكات البوتاسيوم ، الصوديوم، الكالسيوم ، الالومنيوم .

---

(1)Shepard , A.O. ; Op Cit ,p .21.

(2) Hamer , F. ; Op Cit , :p .265.

(3) Grimshaw ,R.W. ; Op Cit , p .273.

(4) Ibid , P. 274.

(5)Kenny ,J.B. ; The complete book of pottery making , New York ,1958 , P . 135.

والفلسبارات عندما تكون نقية تكون عديمة اللون أو بيضاء ، ولكن معظم الطفلات تكون ما بين الأحمر ، الرمادى ، الأخضر . بسبب وجود الشوائب ، وتحتوى الفلسبارات على نسبه كبيرة من القلويات وبالتالى تنصهر عند درجة حرارة منخفضة [١] .

د – مركبات الحديد Iron Compounds

تعد مركبات الحديد من أهم المكونات التى لاتخلومنها الطفلة ، ومن هذه المكونات الهيماتيت Fe_2O_3 ، أكسيد الحديدوز FeO ، أكسيد الحديد المغناطيسى Fe_3O_4 كبريتيدات الحديد FeS,FeS_2 ، كربونات الحديد $FeCO_3$ وهيدروكسيدات الحديد مثل الجيوثيت $FeO(OH)$ [٢] .

ويدخل الحديد فى تركيب العديد من السليكات و يعتمد تفاعل هذه المواد عند حرقها على حجم الجزيئات والمواد المتحدة معها والعلاقة مع المكونات الأخرى للطفلة،ولمكونات الحديد فى الطفلة عدة تأثيرات حيث أنها تؤثر فى لون الطفلة كما تؤدى إلى وجود بعض البقع اللونية بعد الحرق بالاضافه إلي أن لها تأثير المواد المصهرة حيث تقلل المدي الحراري للطفلات [٣].

هـ – مركبات الكالسيوم Calcium Compounds

قد يوجد الكالسيوم فى عدة معادن مثل الكالسيت –الأراجونيت – سيليكات الكالسيوم المختلفة وسيليكات الألومنيوم التى تحتوى على بعض الفلسبارات مثل الميكا، ولمركبات الكالسيوم عدة تأثيرات حيث أنها تعمل كمواد مصهرة وذلك باتحادها مع السليكا والألومينا لتكون سائل عند نقطة إنصهار منخفضة وبالتالى تزيد كمية التزجج وتقلل المدي الحراري للطفلة ، كما أن السائل الناتج يتجمد عند التبريد ويكون روابط قوية ويعطى بدن غير منفذ وتعمل مركبات الكالسيوم ايضاعلى تقليل الإنكماش وتسهيل الجفاف عند درجات الحرارة المنخفضة.

وتعمل على تغيير لون البدن الذى يوجد به حديد من اللون الأحمر إلى اللون الكريمى ولكى تكون أكثر تأثيرا فإنه يجب أن تكون ناعمة ودقيقة .وعند تسخين كربونات الكالسيوم إلي حوالي ٩٠٠ درجة مئوية فإنه يتحول إلى جير وعند التبريد قد يمتص الرطوبة من الهواء مما يؤدي إلى زيادة الحجم ويؤدى ذلك إلى حدوث شروخ بالبدن الخزفى .كما تزيد مركبات الكالسيوم من معدل التزجج [٤].

---

(1)Grimshaw R .W. ;Op. Cit. , p .284.
(2)Ibid , P.275.

(3) Grimshaw ,R.W. ; Op Cit , p.278.
(4) Ibid , P .280.

و- المواد العضوية Organic Materials.

قد توجد مواد عضوية بالطفلة و يكون لها تأثيرات مختلفة فهى تعطى لون قاتم للمواد الخام أمـــا عند الحرق فتعطى جو مختزل أثناء الحرق كما أنها تقلل كمية الوقود المطلوب لإتمام الحرق حـــيث أنهـــا تحتـــرق بسرعة أكثر وتعمل على ارتفاع نسبة منطقة اللب السوداء بالإضافة إلى أن حرقها يؤدى الي زيادة المسامية (١).

تقسيم الطفلات حسب طريقة تكونها

لقد قسم العلماء الطفلات حسب طريقة تكونها إلى طفلات أولية وأخرى ثانوية .

أ- الطفلات الأولية "الباقية" Primary Clay "Residual" .

وهى الطفلة التى تنتج من العمليات الجيولوجية مثل الضغط أو أى عمليات أخرى توجد فى الطـــبقات الجيولوجية وتوجد هذه الطفلة بالقرب من مكان الصخر الأصلي والمكونات العضوية بها أقل من ١% كما انها تكون خشنة ومنخفضة اللدونة (٢).

وتســـمى أيضا بالطفلات الباقية حيث يمكن الحصول عليها من المكان الذى تحللت فيه من الصـــخر الأم (٣). وهى طفلة نقية تتكون من الألومينا والسليكا وماء متحد كيميائيا ونظرا لخشونتها فيصعب العمل بها حيث أنها غير لدنة المدي الحراري لها كبير (٤).

ب- الطفـــلات الـــثانوية "الرســـوبية " Secondary clay “Sedimentary”

معظـــم الطفـــلات لا تبقـــى فى المكان الذى تكونت فيه ولكنها تتحرك مسافات طويلة عن طـــريق المـــاء والرياح وتسمى طفلة رسوبية ونتيجة نقلها فإن حبيباتها تصبح ناعمة وتحتوى على العديد من الشوائب وعليه فإنها أكثر لدونة وأقل مقاومة للحرارة من الطفلة الباقية وألوانها زرقاء ، خضراء ، أصفر، أحمر ، بنى وعند حرقها تعطى ظلال اللون الأحمر أو الأصفر (٥) .

وتحـــتوى الطفـــلات الـــثانوية على شوائب ،ويعد الحديد أكثر هذه الشوائب شيوعا وكذلك تحتوى علي المواد العضوية التي تعطي لون قاتم لخام الطفلة (٦).

---

(1) Ibid ,P.288

(2) Nelson, K.; Op Cit, P .70.

(3) Hamer , J.B.;Op Cit , P. 59.

(4) Kenny, J.B. ;Op Cit , P .153.

(5) Ibid P. 153 .

(6) Hamer , F.; Op. Cit., P. 59 .

وفيما يلى أهم أنواع الطفلات :-

١-الكاولين Kaolin

وهــى طفلــة أولية تكونت من تجوية الفلسبارات ويتميز هذا النوع من الطفلات بالخشونة وبالتالــى تعتبر مادة محدودة اللدونة إذا ما قورنت بمعظم الطفلات الرسوبية كما أنها خالية بصورة نسـبية مـن الشـوائب مـثل الحديد بالاضافه الي أنها توجد مختلطه مع كسر الصخور الفلسباريه والكوارتــز لــذلك عند إستخدامها لابد من أضافة مواد أخرى لزيادة قدرتها على التشغيل وخفض درجــة حــرارة الحــرق . وتخـتلف طفلة الكاولين فى درجة لونها و لدونتها فالكاولين الثانوى أو الرسـوبى يمـيل إلــى اللون الفاتح عند الحرق وتتميز طفلة الكاولين ايضا بصفات حرارية عالية high refractory ودرجة انصهارها اكبر من ١٨٠٠ م[١] .

٢- مجموعة السمكتيت Smectite Group

وتــتكون هذه المجموعة من الصخور النارية القاعدية والمعادن التى تكون مرتفعة فى نسبة الكالســيوم والماغنســيوم والحديــد ، ومــن أشــهر أنــواع هذه المجموعة هو المونتيموريلونيت Montimorillonite. ويتميــز هذا النوع من الطفلات بأنه لم يحدث له تجوية كاملة كما حدث فى الكاولينــيت . وتــتحول هذه المجموعة إلى كاولينت إذا تعرضت لأمطار وحرارة مرتفعة حيث تتم إزالــة الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم، كما أن جزيئات السمكتيت أصغر من الكاولين وبالتالى فهــى طفلــة لدنة ولزجة ، وتحتوى هذه المجموعة على نسبة أعلى من السليكا بالمقارنة بالألومينا بنســبة ٤ : ١ وتمتص كمية كبيرة من الماء كذلك تتميز بارتفاع نسبة انكماشها،وتميل هذه الطفلات إلــى التشــقق عند الجفاف و يمكن استخدامها كبطانة ملونة حيث أنها قادرة على امتصاص أيونات أخرى .

٣- الإيليت Illite

تنــتج هــذه الطفــلات فى بيئات مختلفة فقد تنتج فى البيئات البحرية العميقة ذات الطبيعة القلــوية، ويتميز الإيلليت بأنه ينصهر عند درجة حرارة منخفضة كما لا تتعرض هذه الطفلة للتمدد وهذا النوع جيد لإستخدامه فى عمل البطانات الملونة[٢] .

---

(1) Rhodes, D.;Op. Cit., P.20 .

(2) Henderson ,J. ; The science and archaeology of materials , London ,2000 , p .114.

٤- طفلات المشغولات الأرضية Earthenware clays

هذه طفلات عديدة ومختلفة وهى الطفلات التى يمكن إستخدامها فى صنع الأوانى الأرضية [1]. وقد تسمى بالطفلة الشائعة وقد صنع معظم فخار العالم من هذه الطفلة. استخدمت أيضا فى صناعة الآجر والبلاطات بأنواعها .

وتحتوى الطفلات الأرضية على الحديد وبعض المعادن الأخرى كالشوائب بكميات كافية لتجعل هذه الطفلة قوية وصلبة عند حرقها عند حوالى ٩٥٠ -١١٠٠ °م . كما تختلف ألوان هذه الطفلات فقد تكون حمراء أو بنية أو رمادية وذلك نتيجة وجود أكاسيد الحديد والمنجنيز بالإضافة إلى أنها تتميز باللدونة المرتفعة واللزوجة عند استخدامها منفردة ولكن قد تكون محدودة اللدونة بسبب وجود الرمل أو كسر الصخور الأخرى [٢] .

٥- طفلة الكرة Ball clays

وقد اتفق كل من Kenny [3](١٩٥٨) و Rhodes [4](١٩٩٦) علي أن الطفلات الكروية ما هى إلا طفلات رسوبية أو منقولة نقلت فى المجارى المائية وترسبت أسفل أو بين طبقات الفحم وتكمل كل من الكاولين والطفلة الكروية بعضهما وعادة ما يتم خلط النوعين من أجل تعديل عيوبهما وإعطاء طفلة لها القدرة على التشغيل .

وتتميز طفلة الكرة بارتفاع نسبة الحديد بها وكذلك قابليتها للانصهار إلى جانب لدونتها العالية ، ومن ناحية أخرى ينخفض حجم حبيباتها ويرتفع معدل انكماشها عند الحرق حيث يصل إلى ٢٠%، ويزيد فى الطفلة الكروية محتوى المواد العضوية التي تؤثر فى لونها وهى خام وتظهر بلونا رماديا قاتما [5] .

٦- طفلات المشغولات الحجرية Stone ware clays

تعتبر هذه الطفلات ثانوية أو رسوبية وأشار Kromer [6] (١٩٨١) إلى أنها تحتوى على قدر كبير من الايليت بجانب الكاولينيت وحبيبات الكوارتز وهذه المكونات تساعد فى الحصول على بدن منخفض المسامية.

---

(1) Hamer , F.; Op . Cit., P. 60 .

(2) Rhodes , D.; Op . Cit., P. 22.

(3) Ibid , P . 20.

(4) Kenny, J .; O P cit , P . 154 .

(5) Ibid , P . 21. 22

(6) Kromer , H . ;O p cit p . 689 .

وأشـــار Mason & Edward [1] (١٩٩٠) إلى إن طفلات الاواني الحجريه استخدمت لمحاكـــاة البورسلين الصينى حيث استخدمت خلطة تحتوى على عشرة أجزاء من مسحوق الكوارتز وواحـــد جـــزء مـــن الحمـــيص القلوى (الفرت) وجزء واحد من الطفلة وذلك لإنتاج بعض الأوانى الخزفية فى العصر الإسلامى فى مصر.

وتتميـــز هـــذه الطفلة بارتفاع محتواها من الكوارتز وانخفاض محتواها من الحديد بالإضافة إلـــى أنها تتميز باللون الرمادى الفاتح أو الأصفر إلى الرمادى القاتم أو البنى وذلك بعد الحرق هذا إلى جانب ارتفاع لدونتها وتحدث لها التسوية عند ١٢٠٠ – ١٣٠٠°م [2] .

(٧) الطفلات النارية Fire Clays

هى تلك الطفلات التى تتميز بمقاومتها المرتفعة للحرارة بدون تغير فى الشكل [3] .

وهـــذا الـــنوع من الطفلة ليس نوع معروف ومحدد مثل الطفلات الكروية أو الكاولين ولكن مصـــطلح Fire Clays يـــرجع إلى صفة وهى مقاومة تأثير الحرارة فالبعض منها قد يكون لدن أو غير لدن أو مختلف فى اللون ولكنه يقاوم الانصهار بالحرارة " التفكك والانحلال " ، وهذا يعني أن هـــذه الطفلـــة نقـــية نسبيا وخالية من الحديد وهذه الطفلات مفيدة فى صناعة الأجزاء الحرارية فى الأفران وبواتق الصهر [4] .

خواص الطفلات Clay Properties

(١) اللدونه Plasticity

لقد اتفق كل من Kenny [5] (١٩٥٨) ، Grim [6] (١٩٦٢) و Shepard [7] (١٩٨٥) و Henderson [8] (٢٠٠٠)علـــى أنهـــا الخاصية التي يضاف فيها الماء إلي الطفلة حتي يمكن تشـــغيلها بالضـــغط وتبقـــى بهذا الشكل بعد زوال الضغط . وتفقد هذه الخاصية عند فقد الماء أثناء الجفـــاف وتفقـــد بلا رجعه عند الحرق ، أى أنها خاصية تعطى الطفلة إمكانية تشغيل ويعمل الماء على التزييت أو التشحيم lubrication حيث يسمح للدقائق الصغيرة أن تنزلق slide فوق بعضها البعض ، وتتراوح نسبة ماء اللدونة ما بين ٣٠- ٤٥% .

---

(1) Mason , R . B & Edward, K .; Petrography of Islamic pottery from Fustat , in JARCE , 1990, PP . 165-183.
(2) Rhodes , D . ;O P Cit, P. 22.
(3) Grimshaw , R .W. ; O P Cit , P . 296 .
(4) Rhodes , D . ; O P Cit, P. 21.
(5) Kenny , J .; O P Cit, P. 156.
(6)Grim, R.; Applied clay mineralogy, McGraw- Hill Book Company, London,1962, P.54.
(7) Henderson , J . ;O P Cit , P . 117 .
(8) Rice , P . W. ; Pottery analysis , university of Chicago press , USA ,1982 , P . 58.

وهناك العديد من العوامل التى تؤثر فى ارتفاع أو انخفاض لدونة الطفلات مثل حجم جزئيات الطفلات وشكلها وكذلك المحتوى الحقيقى من الطفلة ومحتوى الرطوبة بالإضافة الي الشد السطحى للماء و مكان ترسيب الطفلة والمعادن المكونة لها وكذلك وجود مواد عضوية ومعادن غير طفليه بالإضافة الي درجة الحرارة وقوة ربط الحبيبات [1] ، وتختلف طريقة التشكيل باختلاف لدونة الطفلة فالطفلة التى تستخدم مع عجلة التشكيل Potters wheel يجب أن تكون أكثر لدونة بينما الطفلة المستخدمة فى الطريقة اليدوية يجب أن تكون أكثر صلابة [2] .

(٢) الجفاف Drying

الجفاف هو إزالة الرطوبة ، عن طريق معادلة لمحتوى الرطوبة بين القطعة والهواء المحيط بها [3]

وقد ذكرت Shepard [4] (١٩٨٥)أنه يجب الحذر والحيطة عند جفاف القطعه بسبب الضغوط الناتجة من الجفاف السريع ويحدث نتيجة ذلك تشرخ للبدن وتتم هذه العملية قبل الحرق حتى لا يحدث تشوه للبدن .

وهناك أربعة أشكال للماء عند تحول الطفلة من الحالة الرطبة مرورا باللدونة حتى تصل إلى مرحلة الجفاف بالهواء وهى : ماء الانكماش shrinkage water ويظهر في شكل (1) (أ) الماء الزائد أو الماء الحر أما ماء المسام pore water فيظهر فى شكل (1) (ب) عند تلامس الجزئيات معا وتحول الطفلة إلى مرحلة التجلد Leather-hard أما الماء المدمص على السطح surface-adsorbed water فيظهر فى شكل (1) (ج) فيشير إلى الماء المحيط بجزئيات الطفلة ويتبخر عند نهاية الأنابيب الشعرية ، أما الماء المتداخل أو الماء المتحد كيميائياً interlayer and crystal lattice water فيشير إلى الماء المعزول عن الهواء الخارجى وفى هذه الحالة تصل كمية التبخر إلي صفر .شكل (1) (د) .

ويفقد الماء بالخاصية الشعرية أو من الحركة خلال مسام الطفلة من الجزء الداخلي للطفلة إلى الجزء الخارجى وذلك لأن البخر يبدأ عند السطح وحواف كتلة الطفلة اولا [5] .

---

(1) Henderson , J. ; O P Cit , P . 117 .
(2) Hamer , F. ; O P Cit , P . 104 .
(3) Shepard , A . O. ;O P Cit , P . 72.
(4) Rice , P . M . ;O P Cit , P . 64 .
(5) Henderson , J. ; O P Cit , P . 152 .

وعندما يحدث الجفاف فإن الماء المدمص والذى يحيط بالطفلة يساعدها على الانزلاق ويبدأ فـى التبخر ويجمع صفائح الطفلة معا وبذلك تزيد الكثافة وقد تنشأ بعض الشروخ الصغيرة ويحدث عملية تجلد للطفلة leather-hard .

وإذا كـان هـناك مواد غير لدنة فإنها بالطبع لا تكون محاطة بغلالة من الماء لذلك تكون كمـية المـاء المفقودة قليلة وهذا يسهل عملية الجفاف ويقلل من الانكماش نسبيا . وقد قسم Norton [1] (١٩٤٩)عملية الجفاف إلى مرحلتين هما :

١ – مرحلة الجفاف الثابت The Constant-Rate Period

وهـى المرحلة التي تحتوى فيها الطفلة على كمية كافيه من الماء لتملأ المسام على الأقل، ويكون معدل الجفاف فيها سريع وتتكمش الطفلة بالحجم المساوي لحجم الماء المفقود ويدخل الهـواء إلـى المسام ليحل محل الماء ، بعد ذلك تقل سرعة الجفاف وهذا يعرف بالنقطة الحرجة critical point.

٢ – مرحلة الهبوط Falling Rate Period

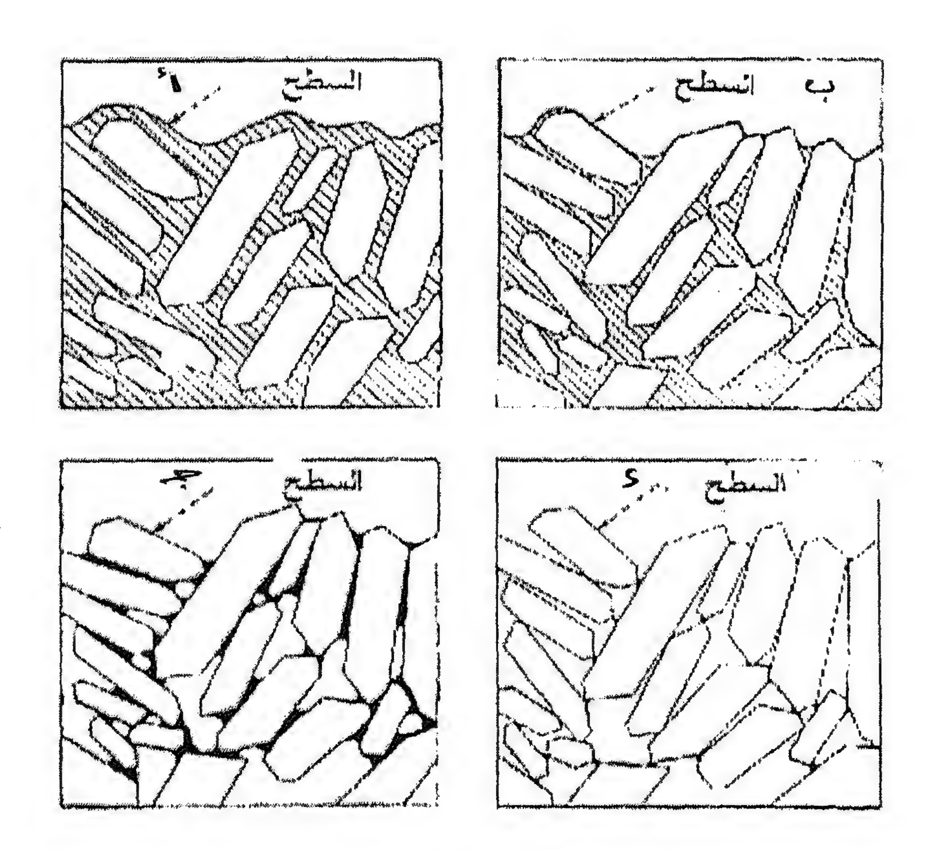
يدخل الماء إلى الشعيرات بعد النقطه الحرجه ويعطى السطح لونا فاتحا وتقل كمية وسرعة الـبخار التى تخرج إلى السطح تدريجيا بواسطة القوى الشعرية ، وتتأثر عملية الجفاف بعدة عوامل وهـى كمـية المـاء الموجـود بالطفلة وكذلك رطوبة البيئة المحيطة هذا إلى جانب حجم وترتيب جـزئيات الطفلة ودرجة الحرارة التى يحدث عندها الجفاف [2] ،كما أن لحركة الهواء خلال السطح تأثير كبير حيث يتم استبدال هواء مشبع بأخر جاف [3]، كذلك تأثير وجود المواد غير اللدنة بالطفلة [4] .

(٣) الانكمـاش Shrinkage

هـو انخفـاض الحجم نتيجة التغير فى درجة الحرارة ولكل معدن (طفلة او فلسبار) معدل انكمـاش خاص به وعليه فإن معدل انكماش قطعة الفخار يختلف من قطعة إلى أخرى [5] ، وذكر Kenny [6] (١٩٥٨) أن الطفلات تنكمش عندما تجف وتنكمش أيضا عند حرقها .

---

(1) Norton , F. H.. ; Refractories , 3rd ed . USA, 1949, P. 157.
(2) Henderson , J . ;O P Cit , P . 128 .
(3) Hamer , F. ; O P Cit , P . 104 .
(4) Henderson , J . ; O P Cit , P . 157 .
(5) Hamer , F . ; Op Cit , P . 74 .
(6) Kenny , J . ; Op Cit P . 154 .



شكل رقم (١)

يوضح مراحل الجفاف المختلفة للطفلة .

(Norton, F. ,1949,P.149)

وذكـــر Norton [1] (١٩٤٩) أن حجم الانكماش هو حجم الماء المفقود اثناء الجفاف حتى الوصـــول الـــي الـــنقطة الحــــرجة . ومـــن العوامل المؤثرة فى الانكماش التركيب الكميائى وحجم الحبيبات.

(٤) اللـــــون Color

لقــد ذكرت Shepard [2] (١٩٨٥) أن ألوان الطفلات ترجع إلى وجود مركبات الحديد أو المواد العضوية أو الأكاسيد المختلفة.

أ – مركبات الحديد Iron Compounds

تعطـــي مـــركبات الحديـــد المخـــتلفه مـــثل الهيماتيت والأشكال المائية لأكاسيد الحديد مثل الجيوثـــيت Goethite والليمونيت Limonite ألوان حمراء و بنية وصفراء وبرتقالية بالاضافه الي الماجنيتـــيت Magnetite الذي يعطي اللون الأسود ولا يتوقف تأثير مركبات الحديد على التركيب والكمية ولكن أيضا على حجم الحبيبات والتوزيع .

ب – المواد العضوية Organic Materials

يؤدى وجود المواد العضوية بالطفلة الي ظهورها بلون رمادي أومائل للون الأسود و يعتمد ذلك علي كميتها و طبيعتها .

(٥) خاصية الحرق Firing Property

وتعـــد مـــن أهم الخواص التى تغير من صفات الطفلة حيث أن الطفلة تتصلب بطريقة غير استرجاعيه وذلك عند حرقها وقد تم إلقاء الضوء على هذه الخاصية عند الحديث عن عملية الحرق .

٢ – المواد المعدلة Temper Materials

تعتبر المواد المعدلة من المكونات الهامة فى البدن حيث أنها تضاف إلى الطفلة وذلك بقصد تحسين خواصها عند الصناعة ، الجفاف ، الحرق ، الاستخدام.

وتســـمى أيضا إضافاتaddatives وهى تضاف عمدا وتختلف عما يسمى بالمحتويات أو المشتملات inclusions التى توجد فى الطفلة بصوره طبيعية .

---

(1) Norton , F . H . ; Op. Cit, P.160 .
(2) Shepard , A. O. ; Op. Cit, P . 16 .

أ – المواد الموجودة بصوره طبيعية بالطفلة " المشتملات " **Inclusions**

لقد أشار Rice [1] (١٩٨٧) إلى أن الطفلات الطبيعية نادرا ما تخرج نقيه وذلك بسبب الترسيبات المعدنية . فالطفلات الأولية عادة ما تشمل على كسر من الصخر الأم أما الطفلات الرسوبية فتحتوى خليط من المعادن من مصادر مختلفة نتيجة عمليات الترسيب وتوجد بأحجام مختلفة فمنها ما هو دقيق fine ومنها ما هو خشن coarse .

١ – **المشتملات الناعمة والدقيقة Fine Inclusions**

وهى تشمل كسر من معادن الطفلة أو مواد غير لدنة ذات أحجام قليلة .

٢ – **المشتملات الخشنة Coarse Inclusions**

وهى مسئولة عن خاصية نسيج البدن texture فالكمية والحجم والشكل هى خصائص تلك الجزئيات فى مادة الطفلة أيا كان مصدرها أو تركيبها الكميائى أو المعدنى .

ب – **المواد المضافة عمدا " الإضافات " Addatives**

أشارت Nelson [2] (١٩٩٩)إلى أنها مادة يتم إدخالها للطفلة بقصد تحسين قابليتها للتشكيل وخفض معدل انكماشها وخفض قابليتها للكسر أثناء الحرق أو تحسين الخصائص بعد الحرق ايضا،وذكر Adams [3] (١٩٨٦)أنه يمكن أن تستخدم مادة معدلة واحدة أو أكثر من مادة معا .

أما Hodges [4] (١٩٦٤) فأشار إلى أنها مواد مالئه قد لا تكون لدنة "أى أنها مادة لا تصبح لدنة فى الماء "و يمكنها أن تقاوم درجة الحرارة عند حرق القطعه دون أن تعانى أو تتعرض لتغيرات قوية. وقد أوضح Henderson [5] (٢٠٠٠) الفرق بين المواد المضافة والمواد الموجودة طبيعيا فى الطفلات ويمكن ذلك بتحديد الحجم والشكل " الزوايا " والكمية الموجودة ، وقد استخدم Maggetti [6] (١٩٨٢)الحجم كطريقة أو مقياس لمحاولة التمييز بين الإضافة عمدا والوجود الطبيعى أما Bourriau etal [7] (٢٠٠٠) فقد أشار إلى العلاقة القوية بين المواد المعدلة والحرق

---

(1) Rice , P . M . ; OP cit , P . 72 .
(2) Nelson , K . ; O P Cit , P . 71 .
(3) Adams , W . y.;Ceramic Industries of Medieval Nubian, Part, I The University Press of Kentucky, 1986, P. 27.
(4) Hodges , H. ;O P Cit, P. 25.
(5) Henderson , J . ;O p Cit , P . 130 .
(6) Maggetti , M .; Phase analysis and its Significance for technology and origin , in: Archaeological Ceramics ,by Olin,J. &Franklin A.D, Washington D.C. Smithsonian Institution press ,1982 PP . 121-134.
(7) Bourriau, J. D., Nicholson, P. T. and Rose, P. R.; Pottery. In: Ancient Egyptian materials and technology Nicholson,P.T, Cambridge press, London,2000, PP.121-147.

ووظـيفة المنتج الذى تدخل فى تركيبه حيث أنه عندما ترتفع درجة الحرارة بسرعة فإنه ينتج بخار نـاتج مـن رطوبة باقية فى الطفلة والذى يجب أن يكون قادرا على الخروج بسرعة مما يؤدى إلى تشوه جدران القطعة .

أمـا فى حالة وجود المواد الخشنة مع الطفلة فإنها تساعد فى اتساع مسام البدن وهذا يسمح للبخار بالخروج دون تشويه له وبالتالى فإن المواد الخشنة تكون مناسبة للحرق المفتوح حيث يكون صعب التحكم فيه .

و يسمح هذا النسيج المفتوح بتغلغل أفضل للهواء الساخن مما يساعد فى حرق القطعه بشكل أفضـل وبطريقة اقتصادية وقد يكون للنسيج خشن الحبيبات دور فى الوظيفة وذلك بسبب مقاومتها العالـية للصـدمة الحرارية وهذا يناسب أدوات الإضاءة حيث يكون لهذا النسيج القدرة على مقاومة الـتمدد الحراري الذي يؤدي الي حدوث شروخ دقيقة ، اما فى النسيج خشن الحبيبات يكون انتشار هـذه الشروخ محدود حيث أنه أثناء انتشارها تقابل الفراغات التى نتجت من الحرق وبالتالى تتوقف هذه الشروخ .

أما بالنسبة لطريقة التشكيل فإن العجلة يجب أن تكون عجينتها تتميز بدقة حبيباتها وقد ذكر البعض أن اختيار هذه المواد تتوقف على إمكانية الحصول على هذه المواد وكذلك الدور الذى تقوم به داخل البدن [1] .

ولاسـتخدام المـواد المعدلة عدة مميزات حيث أن مثل هذه المواد تعمل على زيادة مسامية الـبدن [2] كذلك فإنها تقاوم الصدمة الحرارية thermal shock [3] كما أن هذه المواد تساعد فى الجفاف وتحسين بعض الخصائص الميكانيكية [٤].

و تعمـل المواد المعدله على تقليل الانكماش واللزوجة واللدونة وتؤثر ايضا فى نسيج البدن كما أن الربط بين الطفلة والمواد المعدلة يكون له تأثير مباشر على قوة البدن [5] .

إن هـذه المواد المعدلة أو المالئة استخدمت قديما بشكل شائع فى أشكال مختلفة بحيث تحقق فـى النهاية الهدف المرجو منها فقد استخدم الكوارتز ، الكالسيت، مسحوق الفخار ، كسر الصخور

---

(1) Kilikoglou , V. , Vekinis , G., Maniatis , Y . and Day, P. M. ; Mechanical performance of Quartz – tempered Ceramics,part 1, Archaeometry 40.(2) 1998,PP . 261-.279
(2) Peterson , S. ; Op Cit , P . 138 .
(3) Henderson , J .;Op Cit , P . 129 .
(4) Kilikoglou , V.et al ; Op.Cit., p . 261 .
(5) Shepard , A. ; Op Cit P . 25.

،مســحوق المحار،الــرماد البركانــي،الالياف النباتــيه. وكان هذا يختلف حسب البيئة التى يتم فيها الصناعة وكذلك الوظيفة التى سوف تقوم بها القطعة بعد ذلك .

١ – الرمل " الكوارتز "   Sand "Quartz "

لقد ذكرت Shepard [1] (١٩٨٥) أن حبيبات الكوارتز قد تكون مستديرة وبالتالى قد يكون موجـودا بصــورة طبيعية فى الطفلة أما فى الكوارتز ذو الزوايا الحادة فيكون أضيف عمدا وذلك أثناء عملية الطحن والأخيرة تزيد من قوة البدن أكثر من الأولى.

٢ –مسحوق الحجر الجيرى " الكالسيت "   Lime stone Powder "calcite "

يعتبــر استخدام الكالسيت قليلا وذلك بسبب المشاكل التى تحدث أثناء التحول الحرارى عند التســخين [2] إلا أنـــه يتميــز بتحسين الخواص الميكانيكية حيث أن التمدد الحرارى له يتشابه مع الــتمدد الحــراري للطفله كما أن شكل الألواح الذى يتميز به يساعد فى وقف انتشار الشروخ لذلك فهو يستخدم فى درجات الحرارة المنخفضة [3] .

٣ – مسحوق الفخار   Grog

هــى المــادة الوحــيدة التى نكون على ثقة عندما نقول أنها أضيفت عمداً [4] وقد استخدم مســحوق الفخار لتحسين الخواص أثناء الحرق ومنه مسحوق صلب الذى حرق فى درجة حراره أعلى من الدرجة التى حرق عندها البدن الجديد وآخر لين وهو الذى حرق فى درجة أقل من درجة حرق البدن الجديد [5] .

ثانيا : التزجيج   Glaze

لقــد عــرف Daly [6] (١٩٩٥)التــزجيج بأنه طبقة رقيقة من الزجاج تستخدم على سطح الخزف وأضاف ايضا أن هناك عدة عوامل تؤثر فى التزجيج مثل مصدر المواد المستخدمة والبدن المطــبق علــيه التــزجيج وبالنسبة للحرق فإن نوع الفرن ودرجة حرارته وجو الفرن ومدة الحرق يكون لها تأثير كبير على التزجيج بالاضافه الي طريقة تطبيق التزجيج .

---

(1)Ibid , P . 22.
(2) Shepard , A.O. ; Op Cit , P . 381 .
(3) Bourriou , J . D . et al ;Op Cit , p . 262 .
(4) Henderson , J . ; Op Cit , P . 130 .
(5) Hamer , J . ;Op Cit , p . 150 .
(6) Daly , G . ;Glazes and glazing techniques , London , 1995 , P . 7.

وأضــاف Hamer [1] (١٩٨٦) ان طــبقة التزجيج تنصهر على بدن الفخار وتزيد من قــوة القطعــه وذلك بسبب الطبقة بين البدن والتزجيج.ويطبق التزجيج في شكل مسحوق يتكون من المواد المكونة للتزجيج والمواد المصهرة بالاضافه الي مواد مثبته وأثناء الحرق تنصهر هذه المواد معا لتكون التزجيج .

التمييز بين الزجاج والتزجيج :

لقد ذكر Henderson [2] (٢٠٠٠) أن التزجيجات لها نفس خصائص مواد الزجاج وذكر ايضـــا أن التركيب الكيميائى للتزجيج يؤثر فى امتصاص الضوء حيث أن هناك اختلاف واضح بين التــزجيجات والــزجاج حيث أن التزجيجات صنعت بصفة خاصة لتطبق على سطح الفخار ، وهذا الاختلاف فى الوظيفة من الممكن أن تؤدى إلى مكونات مختلفة .

ورأى Rhodes [3] (١٩٩٦)أنـــه بالرغم من أن تزجيجات الفخار هى زجاج حقيقى إلا أن تـركيبه حــدث له تعديل من أجل وظيفته وهى لصقه على سطح الفخار، والزجاج يجب أن يكون منخفض اللزوجة أما التزجيج قد يكون أكثر جرياناً عند انصهاره وهذا يسمح له بأن يأخذ موقعه أو مكانـــه علي البدن أثناء الحرق ، وهذا التصلب فى تزجيج الفخار ينتج بإضافة الألومنيا إلى الخليط حيث أن الألومنيا لها خاصية زيادة اللزوجة لكنها توجد بكميات قليلة فى الزجاج العادى .

أمـــا الســليكا فهـــى تسود فى التزجيج مثل أى زجاج مع إضافة مواد أخرى كافية تجعلها تنصـــهر فـــى درجـــة منخفضـــة ، بالإضـــافة إلى ذلك أن التزجيج يصنع بخلط المواد الخام غير المنصـــهرة " الســيليكا " والمكونات الأخرى ونثر المواد الخام على سطح البدن حيث تنصهرعلى الســطح أمـــا الزجاج فيصهر أولا كحميص ثم ينتهى إلى قطعة والتزجيج قد يعرف على أنه غطاء زجاجى أنصهر فى مكانه على البدن ويجعل القطعة ذات سطح أملس وباللون والنسيج المطلوب.

مكونات التزجيج Glaze constituents

لقــد أعطــت Peterson وكذلك Rhodes تقسيما جيدا لمكونات التزجيج كما يظهر في الجــدول رقم (١) ، حيث أن مجموعة RO_2 هى عبارة عن المادة المكونة للتزجيج وأهمها السليكا المكــون الأول فـــى التـــزجيج أمـــا مجمــوعة R_2O_3 هـــى المــتحكمة فى اللزوجة viscosity-controlling وأشهرها الألومنيا وهى المسئولة عن لزوجة التزجيج . أما المجموعة الأخيرة RO-R_2O فتسمى بالمواد المصهره flux

---

(1) Hamer , F . ;Op Cit, P. 144 .
(2) Henderson , J.. ;Op. Cit, P.124 .
(3) Rhodes D . ; Op. Cit, P.. 79.

جدول رقم (1) يوضح الأكاسيد المكونة للتزجيج (Peterson ,S. 1995, p.312)

$RO-R_2O$	R_2O_3	RO_2
BaO	AL_2O_3	SiO_2
CaO		
PbO	B_2O_3	SnO_2
Li_2O		ZrO_2
MgO		TiO_2
K_2O		
Na_2O		
ZnO		

وذلــك لأن عناصـــر هذه المجموعة تتفاعل بصورة أساسية كمواد مساعدة على الصهر في التزجيج فهي تقلل درجة انصهار التزجيج وتتحد مع السليكا والمواد المقاومة للحرارة Refractory وتســاعدها علـــى الانصـــهار [1] . ونظرا لأهمية دراسة التزجيج ومكوناته فتجدر بنا الإشارة إلى تركيب هذه المواد وكذلك كيفية الحصول عليها ومميزات وعيوب كل مادة .

١ – السليكا Silica SiO_2

تعــد السليكا أكثر أكاسيد التزجيج أهمية فهو المادة التى تكون الجسم الأساسي في التزجيج أمـــا باقى المواد فتعتبر مواد معدلة modifiers لخفض درجة الانصهار أو لإضافة بعض الخواص مـــثل القلوية،الإعتام،البريق ،و٦٠% من القشرة الأرضية تتكون من سليكا [2] . و لوجود السليكا فـــى التزجيج تأثيرات مختلفة حيث أنها إذا وجدت بنسبة كبيرة فإنها تعمل على خفض كمية الشروخ وذلــك لأنهـــا تتميـــز بمعامل تمدد متوسط .أما إذا كانت نسبة السليكا كبيرة جدا فإن التزجيج يكون مقـــاوم للحرارة وقد يكون غير ناضج immature ،في حين انه إذا وجد بنسبة قليلة فإن التزجيج يبدو جافا .

ولـــزيادة اللـــزوجة ومعالجـــة الشروخ يجب إضافة طفلة تزيد من درجة حرارة الانصهار وتقلـــل نسبة الانصهار و السيولة في الطلاء الزجاجي وتزيد الصلابة والقوة ويمكن الحصول على الســـليكا مـــن الفلـــنت ، الكوارتـــز أو الســـليكا النقية والسيليكات الطبيعية التى تشمل الطفلات و الفلسبارات [3] .

(1)Peterson , S. ; Op Cit , P . 312 .
(2) Rhodes , D . ; Op Cit , P . 88.
(3) Peterson , S. ; Op Cit , P . 3 22 .

٢ – الألومنيا Alumina Al_2O_3

وهـــى مـــادة حـــرارية ذات نقطـــة انصـــهار مرتفعة وهى مادة متعادلة [1]، وقد أضاف Hamer[2] (١٩٨٦)أن الألومنيا تلى السليكا فى الأهمية حيث أنها تتحد مع السليكا فى بلورة الطفلة ووجود الألومنيا يسبب إمتداد البلورة وأضاف أيضا أن الألومنيا أكسيد وسيط يربط الأكاسيد القلوية والحمضية فى التزجيجات الثابتة ، وكل التزجيجات تحتوى ما بين ٥–١٥% من الألومنيا .

ووجود الألومنيا يضيف صلابة ودوام وقوة شد للتزجيج بسبب إرتفاع نقطة الانصهار فهى تؤدى إلى الإعتام والانطفاء إذا استخدمت بكمية أكبر من الكمية الحرجة وذلك اعتمادا على تركيب التـــزجيج ودرجـــة الحـــرق كما أنها تمنع إعادة التبلور أثناء تبريد التزجيج فبدونها تكون عديد من التـــزجيجات ذات ســـطح خشـــن هـــذا بالإضافة إلى أنها تمنع التزجيج المنصهر من الجريان فوق الجـــدران الرأســـية للآنـــية ويمكـــن الحصـــول علـــى الألومنيا من الفلسبارات مثل الاورثوكليز والميكروكلين والالبيت والأنورثيت وكذلك الكريوليت Na_3ALF_6 هذا بالإضافة إلى الطفلة [3] .

٣ – مساعدات الصهر Fluxes

هـــى تلـــك المـــواد أو الأكاسيد التى تحسن من انصهار الخزف وذلك بتفاعلها مع الأكاسيد الأخرى . وهذه الأكاسيد التى تتفاعل عادة ما تكون قلوية وذلك لأنها تتفاعل مع السليكا .

ولا تتفاعل المواد المصهرة بطريقة واحدة ولكن لكل مادة خصائص مميزة. فنجد أن بعض هـــذه المواد يكون فعال عند درجات الحرارة المنخفضة ويتطاير عند درجات الحرارة المرتفعة مثل اكســـيد الصـــوديوم وأكسيد الرصاص . ومن ناحية أخرى فإن بعض المواد المصهرة لا يبدأ تأثيره قبل الوصول إلى درجة حرارة مرتفعة مثل اكسيد الكالسيوم وأكسيد الماغنسيوم بينما البعض الأخر لا يـــتفاعل إلا فـــى وجـــود مـــواد مصهرة أخرى من خلال تفاعلهما معا [4] وتم الإشارة إلى هذه الاختلافات تحت كل أكسيد . أنظر شكل (٢).

وقـــد ذكرGrim [5] (١٩٦٢)أن المواد المساعدة على الصهر تكون أكثر تأثيرا إذا وجدت داخـــل تـــركيب الطفلـــة عما إذا أضيفت بعد ذلك كذلك فإن لحجم الجزيئات دورا فى تأثير المواد المساعدة على الصهر .

---

(1) Ibid, P . 3 22.
(2) Hamer , F . ;Op Cit p . 6.
(3) Rhodes , D . ;Op Cit P. 88 .
(4) Hamer , F . ; Op Cit , P . 132-133 .
(5) Grim , R .;Op. Cit P . 124 .

وقد قسمت Peterson [1] (١٩٩٥)هذه المواد إلى ثلاثة أقسام :

١ – أكاسيد صهر معدنية وتشمل أكسيد الرصاص والزنك .

٢ – أكاسيد صهر قلوية وتشمل أكسيد الصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم .

٣ – أكاسيد قلوية أرضية وتشمل أكسيد الكالسيوم والماغنسيوم والباريوم .

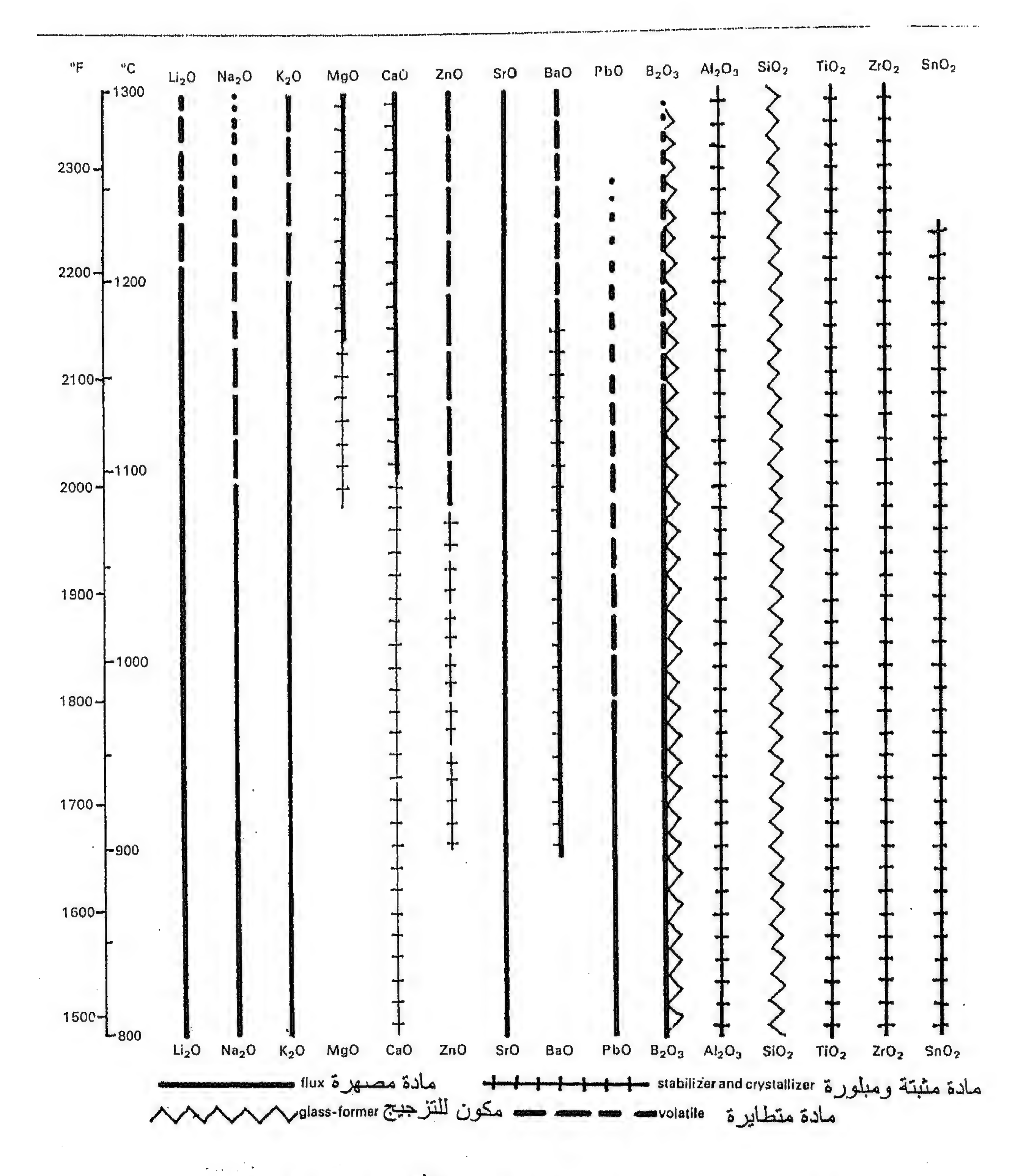
١ – أكسيد الرصاص Lead Oxide PbO

وهو من أكثر الأكاسيد أهمية فى التزجيج ويبدأ تأثيره كماده مصهرة عند ٥٠٠ °م ويستخدم حتـى ١١٠٠ °م حيث يبدأ فى التطاير ويتميز استخدام أكسيد الرصاص كمادة مصهرة فى التزجيج بعـدة مميزات منها أن له درجة انصهار منخفضة جدا حيث ينصهر بسهولة عند ٨٠٠ °م ، كذلك لــه تأثير جيد مع كل الأكاسيد الملونة ، ويمكن أن يستخدم ليعطى ألوان عميقة ولامعة أيضا يعطى تزجيجات شفافه ، معتمة ، براقة ومطفية أو ذات نسيج معين وذلك باختلاف التركيب وإضافة مواد معتمة مناسبة .

ويميل إلى إعطاء تزجيج أملس ولامع وخال من العيوب كذلك له معامل تمدد منخفض مما يجعـل تـزجيجات الرصــاص تناسب كل الأبدان الفخارية بدون حدوث تشرخ [2] ويزيد من قدرة التـزجيج علـى التمدد stretching ومن ناحية أخرى فإنه يقلل لزوجة التزجيج ويتحد بسهولة مع الأكاســيد الأخرى المكونة للتزجيج. ولكن به بعض العيوب وهى ان الرصاص الخام سام جدا ولا يجـب اسـتخدامه فــى أواني الطعام والشراب كما أنه أكسيد متطاير خاصة عند درجات الحرارة المــرتفعة بالإضافة إلى أنه عند درجة حرارة مرتفعة جدا فإنه يعطى تأثير معتم كما أن التزجيجات التــى بهــا كمــية كبيرة منه تعطى لون مائل للاصفرار yellowish كذلك فإن هذا التزجيج سهل الكشــط والــتآكل كمــا أن الرصـــاص سهل الاختزال معطيا لونا رماديا يكون من الصعب إعادة أكسدته [3] .

---

(1) Peterson , S .; Op. Cit p.175 .
(2) Rhodes ,D . ;Op. Cit P . 90 .
(3) Peterson S . ;Op. Cit ,P . 319 .



شكل رقم(٢) يوضح تأثير الأكاسيد المختلفه داخل التزجيج (Hamer,F.,1986,p.337)

ولهذه العيوب فقد تم استخدام الرصاص فى صورة حميص (فرت) نظرا لمميزات الحميص العديــدة حــيث أنه يكون أسهل فى عمل معلق يلتصق بسهولة بالقطعه عند الحرق كما أن انصهاره يــبدأ مبكرا هذا إلى جانب أنه يكون أقل تطايرا أثناء الحرق وكذلك فإن استخدام الحميص (الفرت) يؤكد أن الانصهار متجانس وفى النهاية يكون الحميص عديم السمية [1] .

وأهم مصادر أكسيد الرصاص هى :

١ – حميص(فرت) الرصاص "غير ذائب" **Fritted Lead "insoluble"**

وهــى عــادة سيليكات رصاص حيث حميص (فرت) السليكا والرصاص، ونجد أن نسبة السيلكا والرصاص هى ٨٤% رصاص ، ١٦% سليكا ويكون سائل عند درجة ٧٣٠ °م .

ونــوع آخر هو ثنائى السيليكات تكون نسبة الرصاص ٦٥% والسليكا ٣٣% و٢% ألومنيا و ينصهر الحميص عند ٩٠٠ °م .

٢ – مكونات رصاص ذائبة **Lead compounds "Soluble"**

أ –الليثارج **Litharge PbO**

يعتبراختزاله أكثر سهولة ولكنه غير مناسب للاستخدام فى التزجيجات عديمة اللون .

ب – الرصاص الأحمر **Red Lead Pb_3C_4**

وهو جيد لعمل الحميص لارتفاع محتواه من الأكسجين والتى تجعل الاختزال أقل .

جـ – كربونات الرصاص **Lead Carbonate ($2Pb\ CO_3 . Pb(OH)_2$)**

ويسمى أبيض الرصاص وهو الأكثر شيوعا فى الاستخدام [2] .

(ب) – أكسيد الزنك **Zinc Oxide ZnO**

أشــار Rhodes [3] (١٩٩٦) إلى أنه مادة صهر مفيدة جدا عند درجات الحرارة المتوسطه والمــرتفعة ويســتخدم بكميات قليلة . واضافت Peterson [4] (١٩٩٥) أنه أقل نشاطا من أكسيد الرصـــاص وكمية ٣-٤% تكون فى نفس نشاط أكسيد الرصاص بينما الكمية الكبيرة والزائدة سوف تجعلــه حــرارى أو مقــاوم للانصـــهار ولزج جدا بينما ذكر Hamilton [5] (١٩٧٨) أن الزنك

---

(1) Hamer F . ; Op. Cit P. 174 .
(2) Peterson , S . ;Op. Cit P. 319 .
(3) Rhodes , D . ;Op. Cit P . 93 .
(4) Peterson , S . ,Op. Cit P. 319 .
(5) Hamilton , D. ; Architectural ceramics , Thames and Hudson , London , 1978 , P . 161.

يســتخدم لإنــتاج تــزجيجات مطفية حيث أن الزنك يتبلور عند التبريد ولكن الزيادة منه تؤدى إلى حدوث عيوب بطبقة التزجيج تسمى تجمع التزجيج Crawling .

ويعمــل أكســيد الزنك ايضا على زيادة مرونة التزجيج ويعالج بعض الشروخ لمدى معين حــيث أن لــه أقل معامل تمدد للأكاسيد القلوية كما أنه يزيد من قوة ودوام التزجيج وكذلك مقاومته للهجــوم بالمحالــيل ويمــيل إلــى أن يكون تزجيجات معتمة ولكنه ليس كالقصدير كما ان التزجيج المشــبع بأكســيد الــزنك يعطى سطحا متبلورا.ويمكن الحصول عليه من أكسيد الزنك أو سيليكات الزنك [1] .

(جـ) أكسيد الصوديوم Sodium Oxide Na_2O

هــو مادة صهر قوية عند درجات الحرارة المختلفة ولكنه يستخدم فى صورة حميص حيث أنه ذائب [٢]، و هو فعال كيميائيا جدا عند درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة ويعطى بريقا وقوة للــون [٣]. وأكسيد الصوديوم مادة مساعدة على الصهر بنشاط كذلك فإنه يزيد من أنسياب أو سيلان الطــلاء الزجاجــي كذلك فإن له تأثير كبير فى تطور اللون وذلك حسب أكسيد اللون المستخدم معه [٤]، كمــا أن تــزجيجاته تكــون ليــنة وعرضــه للتشرخ [٥] أيضا فى التزجيج الذى يدخل أكسيد الصوديوم فى تركيبه يتعرض للتلف والتدهور بسهولة [٦] .

ويمكن الحصول على أكسيد الصوديوم من المصادر الآتية :

أ- المصدر غير الذائب Insoluble Source

الفلسبارات خاصة فلسبارات الصوديوم، الحميص، الكريوليت $Na_3 AlF_6$ والرماد البركانى

ب- المصدر الذائب Soluble Source

يستخدم لعمل حميص فقط فى التزجيجات القلوية .

- كربونات الصوديوم $Na_2 CO_3$ ويشتهر تسميتها برماد الصودا.
- نترات الصودا $NaNO_3$ ويسمى soda niter وهو عامل مؤكسد جيد.

---

(1) Peterson , S . ; O P Cit P . 320 .
(2) Hamilton , D.; Op. Cit., p.161 .
(3) Rhodes , D. ;Op. Cit., P. 89 .
(4) Peterson , S . ;O P Cit P. 320.
(5)Hamilton , D. ; Op. Cit., p.161
(6)Rhodes , D. ; Op. Cit., P. 89

– البوراكس $[Na_2O\text{-}2B_2O_3 10H_2O]$ وهو مادة مصـــهرة جيـــدة ومـــذيب لكـــل مـــواد التزجيج [١]

(د) أكسيد البوتاسيوم **Potassium oxide K_2O**

لقد ذكر Rhodes [2] (١٩٩٦) أن هذا الأكسيد يتشابه فى تأثيره مع أكسيد الصوديوم وهـــو مفيد فى كل درجات الحرارة . فالبوتاسيوم له نفس مميزات وعيوب الصوديوم، لكن معامل تمـــدد البوتاسيوم أقل من معامل تمدد الصوديوم .

المصدر غير الذائب Insoluble Source

- الفلسبارات البوتاسية و الحميص .

المصدر الذائب Soluble source

كربونات البوتاسيوم K_2CO_3 ويمكن أن تستخدم فى الحميص أو التزجيجات الخام .

– نترات البوتاسيوم KNO_3 وهي عامل مؤكسد قوى يمكن أن يستخدم أيضا فى عمل الحميص أو التزجيج الخام [3] .

(هـــ) أكسيد الكالسيوم **Calcium oxide CaO**

تعد إضافة أكسيد الكالسيوم لمكونات التزجيج بصفة أساسية بقصد التبييض ولكن إضافة أى من مركبات الكالسيوم إلى مكونات التزجيج تعطى لمعان وانصهار للتزجيج وكذلك يقلل الميل إلى التشرخ .

وتعتبر أفضل طريقة لاستخدام أكسيد الكالسيوم هو أن يخلط مع الصوديوم أو البوتاســـيوم من أن يستخدم أكسيد الكالسيوم منفردا [4] . ولاستخدام أكسيد الكالسيوم عدة مميزات حيث يساهم فى زيادة صلابة ودوام التزجيج الناتج ، كذلك عند استخدامه فى التزجيجات منخفضة الحرق بنسبة كبيرة مع أكسيد الرصاص أو أكسيد الصوديوم يجعل هذه التزجيجات أكثر صـــلابة وغيـــر قابلـــة للذوبان ، أيضا يعطى سطحا ذو إعتام ضعيف [5] ،كذلك فإنه يستخدم مع كل التزجيجات ويتحد مع المواد الأخرى ويخفض معامل التمدد [6] . ولكن من عيوبه أنه عند استخدام كمية كبيرة منه فإنـــه

---

(1) Peterson, S. ; Op .Cit. P. 320 .
(2) Rhodes , D . ; Op. Cit P . 89.
(3) Peterson , S .; Op. Cit P . 320 .
(4)Grimshaw , R. W. ;Op. Cit P . 346 .
(5) Rhodes , D . ; Op. Cit . P .320-321 .
(6) Peterson , S. ;Op. Cit . P . 92 .

يعطى أسطحا معتمة ومطفية وخشنة وهذا لأنها مادة حرارية refractory [1] . ويمكن الحصول عليه من الكالسيت $CaCO_3$ ، الفلوريت CaF_2 ، الدولوميت $CaCO_3$ $MgCO_3$، رماد العظم Bone ash $\{Ca(PO_4)_2\}$ الولاستونيت Wollastonite $CaSiO_3$ [2] .

(و) أكسيد الماغنسيوم Magnesium oxide MgO

ذكر Rhodes [3] (١٩٩٦)أن أكسيد الماغنسيوم مادة مصهرة عند درجات الحرارة المرتفعة فهى مادة مقاومة للحرارة لذلك فهى لا تستخدم فى التزجيجات المنخفضة في درجة حرقها إلا لإعطاء إعتام فقط .

ويعمل أكسيد الماغنسيوم على إعطاء سطح أملس خاصة فى حالة الحرق فى درجة حراره مرتفعة وجو مختزل فإن التزجيج يكون معتم والزيادة في نسبة أكسيد الماغنسيوم تسبب جفاف التزجيج مؤديا لظهور بعض العيوب مثل تجمع التزجيج والفقاعات الهوائية أما فى درجات الحرارة المنخفضة تعمل كمادة حرارية وتقلل معامل التمدد أكثر من أى ماده قلويه أخرى .

ويمكن الحصول على أكسيد الماغنسيوم من كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$ ، الدولوميت $CaCO_3 . MgCO_3$ ، الأستياتيت $3MgO\ 4SiO_2\ H_2O$ Steatite [4] .

معامل التمدد الحرارى Thermal expansion factor of glaze materials

ذكر Hamilton [5] (١٩٧٨)أن بعض التزجيجات التى تحتوى على نسب كبيرة من المواد ذات معامل التمدد المرتفع تميل إلى التشرخ أما تلك التزجيجات المحتوية على مواد ذات معامل تمدد منخفض فتميل إلى التقشر ؛ونجد ان الترتيب التنازلي لمعامل تمدد بعض الأكاسيد هو (Na ,K ,Ca , Ba , Pb ,Zn ,Cu ,Mg , Sn ,Al) حيث أن أكسيد الصوديوم اعلي الأكاسيد في معامل تمدده بينما أكسيد الالومنيوم أقل هذه الاكاسيد.

---

(1) Rhodes , D . ;Op. Cit . P .320-321 .
(2) Peterson , S.; Op. Cit . P . 92 .
(3) Rhodes , D .; Op. Cit P . 93 .
(4) Peterson , S . .;Op. Cit. P. 321.
(5) Hamilton , D . ;Op. Cit. P. 150.

المواد الملونة فى التزجيج Colourant Materials in glaze

ذكر Rhodes [1] (١٩٩٦) أن مصادر اللون فى التزجيج يمكن أن ينتج من لون الطفلة أو البطانة " اللون الموجود أسفل التزجيج فى التزجيجات الشفافة" وقد تلون التزجيجات بأكاسيد معدنية تذوب فى التزجيج وهذا هو أكثر الأنواع شيوعا بالإضافة إلى ما هو موجود فوق التزجيج من الميناء و البريق المعدنى .

وقد ذكر Grimshaw [2] (١٩٧١)العوامل المؤثرة فى لون التزجيج غير الأكاسيد الملونة وهى كمية مادة التلوين وتفاعلها مع المكونات الأخرى للبدن أو التزجيج ، وكذلك حجم الجزيئات وحالة المواد الملونة حيث يؤثر ذلك على معدل التفاعل مع البدن بالاضافه الي عملية الحرق وتتمثل فى درجة الحرارة ومدة الحرق وجو الفرن أثناء الحرق فالجو المختزل يعطى ألوان تميل إلى البنى ، الرمادى فى القطع المحتوية على اكاسيد الحديد .

١ – أكاسيد الحديد Iron oxides

أشار Kenny [3] (١٩٥٨)إلى أنه مادة ملونة جيدة وعادة ما يوجد فى الطفلة ويعطى درجات اللون الأحمر فى الطفلات الأصلية وتعتبر أكاسيد الحديد أكثر الأكاسيد الملونة أهمية حيث أنه يوجد فى معظم المواد الأرضية وينتج عنه ألوان البنى ، الأحمر، الأصفر والرمادى .

كذلك فإنه فى حالة التزجيج الشفاف إذا ما كان البدن يحتوى على أكسيد حديد فإنه يعطى ألوان البنى والبنى المائل إلى الأحمر أو الأصفر وهذا الاختلاف فى اللون يرجع إلى كمية أكسيد الحديد فى الطفلة ونوع التزجيج ودرجة حرارة وجو الفرن . وترجع إمكانية الحصول من أكسيد الحديد على ألوان مختلفة للتزجيج إلى سهولة ذوبانه فى التزجيج وكذلك حساسيته للتغير فى تركيب التزجيج وكذلك حساسيته للتأثر بجو الفرن .

كما أن استخدام نسبة ١%من أكسيد الحديد يعطى لون فاتح ، ٣% تعطي لون متوسط، ٤ % تعطي لون قوى أما أكثر من٧% فتعطى لون بنى أو قاتم أو أسود [4]. وأضاف Molera et al [5] (١٩٩٧)أن اللون الأخضر فى تزجيجات الرصاص يرجع إلى وجود Cu^{2+} أو Fe^{2+} فى

(1) Rhodes D . ; Op. Cit., P. 205 .
(2)Grimshaw R. W. ;Op. Cit., P . 353 .
(3)Kenny J. ;Op. Cit., P . 192 .
(4)Rhodes , D . ;Op. Cit., P . 206.
(5)Molera, J., Vendrell–Saz, M., GarciA–Valles, M. and Pradell, T.; Technology and color development of Hispano-Moresque Lead glazes Pottery, Archaeometery (39),1,1997,PP23-39

التـــزجيج . أمـــا الألوان من الأصفر إلى البنى فتعود إلى Fe^{3+} والتغير فى اللون يرجع إلى درجة أكسدة الحديد الذى يحتويه التزجيج .

٢ – أكاسيد النحاس Copper Oxides

ذكـــر Rhodes [1] (١٩٩٦)أن أكاسيد النحاس استخدمت لإنتاج ألوان زرقاء وخضراء فى التـــزجيجات وقـــد اســـتخدام مـــع التزجيجات القلوية لتعطى لون أزرق . وتعتبر كربونات النحاس $CuCO_3$ هـــى أكثر المصادر لأكسيد النحاس وهو مسحوق دقيق الحبيبات ذو لون أخضر فاتح وقد اســـتخدم أكســـيد النحاس الأسود فى بعض الأحيان ولكنه ذو حبيبات أكثر خشونة ، أكسيد النحاس مـــرتفع الذوبان فى التزجيج ويختلط مع التزجيج المنصهر أثناء الحرق حتى لولم يكن مسحوقا جيدا فـــى خامـــة التزجيج ، وأكسيد النحاس مثل الحديد عامل صهر قوى وإضافته تجعل التزجيج أكثر سيولة وبريقا.

أمـــا Grim Shaw [2] (١٩٧١) ذكر أن وجود أملاح النحاس تعطى لون أخضر جميل ذو درجـــة زرقاء – خضراء (تركوازي) وتختلف درجة اللون حسب ظروف الحرق " جو الفرن " ، فـــى التـــزجيجات القلـــوية فإن النحاس يعطى لون تركوازى شفاف ، أما فى الظروف الحامضية فيعطى اللون الأخضر .

وذكـــر Hedges [3] (١٩٨٣)أن الـــنحاس بكميات مختلفة يعطى درجات مختلفة من اللون الأخضر ، ووجود الحديد يحسن اللون الأخضر ، وأوضح Hamer [4] (١٩٨٦)بعض نسب أكسيد النحاس المستخدمة فى التزجيج

٢%أكســـيد نحـــاس + جو مؤكسد ◄——— لون أخضر قوى

٥% أكســـيد نحـــاس + جـــو مؤكســـد ◄——— سطح ذو لون أسود معدنى

أما Kenny [5] (١٩٥٨) فذكر أن نسبة ١–٦% من النحاس سوف تعطى ظلال مختلفة. وفـــى التزجيج القلوى ، ومع محتوى مرتفع من الصودا أو منخفض من الألومنيا بدون رصاص أو زنـــك فـــإن الـــنحاس سوف يعطى لون تركوازى جميل . وفى الجو المختزل فإن الأكسيد الأسود يختزل إلى أكسيد منخفض يكون أحمر. وإذا زادت نسبة النحاس عن ٦% فإنه يحدث تشوه Flow.

(1)Rhodes , D . ;Op. Cit., P. 206.
(2)Grim Shaw , R . M . ;Op. Cit., P . 353 .
(3) Hedges, R . E. M. & Kaczmarczy, K.; Ancient Egyptian Faience, England, 1983, P.148
(4)Hammer , F. ; Op. Cit., P . 75 .
(6) Kenny , J .;Op. Cit., P . 192 .

٣- أكسيد التيتانيوم Titanium Oxide TiO_2

وقد ذكرت Peterson [1] (١٩٩٥)انه مادة معتمة قوية فأكسيد التيتانيوم النقى يعطى أفضل بياض من كل المواد المعتمة .

ويعطى التيتانيوم لون بنى للتزجيج ولونه يكون ضعيف وذلك يسبب قلة كمية الحديد الموجودة ويستخدم بنسبة ٣-٥% [2] ويمكن الحصول عليه من الروتيل TiO2، المعادن المحتويه علي التيتانيوم [3] .

٤ – أكاسيد النيكل Nickel Oxides

إن الأشكال الشائعة الاستخدام للنيكل فى التزجيجات هى أكسيد النيكل الأخضر NiO أو أكسيد النيكل الأسود Ni_2O_3 ويعطى ألوان متعددة ولكن يتميز باللون البنى كما إن إضافة نسبة صغيرة من النيكل أقل من ١% تؤدي الي اعطاء لون رمادى وإذا زادت الكمية إلى ٢% فقد يظهر اللون البنى [4] ، وذكر Kenny [5] (١٩٥٨)أن النيكل لا يستخدم فى درجات الحرارة المنخفضة.

ويوضح الجدول رقم (٢) بعض الاكاسيد المستخدمه للحصول علي درجات لونيه مختلفه بالتزجيج وظروف الحرق المناسبه.

٥ – التزجيج المعتم Opaque glaze

لقد اعتمد التزجيج المعتم على استخدام أكسيد القصدير الذي يعمل كعامل إعتام ممتاز حيث يتميز بارتفاع قيمة اعكاسه للضوء وصغر حجم جزئياته وعدم انتظام سطحه . بالإضافة إلى ذلك فإن الكوارتز غير الذائب ومشتملات الفلسبار والسيليكات المتبلورة مثل الولاستونيت والدايوبسيد هى عوامل إعتام ضعيفة [6] .

---

(1)Peterson , S.;Op. Cit . P . 323 .
(2) Rhodes, D ; Op. Cit , P . 211 .
(3) Peterson , S. ;Op. Cit . P . 323 .
(4) Rhodes, D . ;Op. Cit , P . 211 .
(5) Kenny , J . ;Op. Cit . P . 193 .
(6) Mason , R . B and Tite , M. S. ;The beginnings of Tin–Opacification of pottery glazes, Archaeometry , 39 (1) 1997 PP . 41-58.

تصنيف التزجيجات Classification of glazes

تختلف الطرق التى يمكن من خلالها تقسيم التزجيجات المختلفة فقد أورد Hodges [1] (١٩٦٤)عدة تقسيمات حسب درجة حرارة التسوية او حسب المحتويات والمواد المعدلة " المضافة " او بواسطة التأثيرات البصرية الناتجة بالاضافه الي الرجوع إلى القطع التى ستطبق عليها التزجيجات .ويعد التقسيم الثانى هو أكثر التقسيمات شيوعا وانتشارا حيث يتم التقسيم حسب المحتويات والمواد المعدلة أو المواد المصهرة بصفة خاصة وهى كما يلى :-

١ – تزجيجات الرصاص Lead glazes

هذا النوع من التزجيجات هو النوع الاكثر شيوعا فى صناعة تزجيج المسارج الخزفية وقد تبين ذلك من تحليل بعض عينات تم الحصول عليها من الفسطاط ، حيث أوضحت نتائج التحليل استخدام الرصاص بكمية كبيرة فى التزجيج لهذا النوع من الخزف وسوف يتم الإشارة إلى ذلك لاحقا فى الفصل الخاص بالتحاليل والفحوص . وقد ذكرKenny [2] (١٩٥٨)أن الرصاص هو أكثر المواد المصهرة انتشارا فى التزجيجات منخفضة الحرق حيث يتم الحصول عليه إما من أحمر الرصاص Pb_3O_4 اوأبيض الرصاص ($2PbCO_3. Pb(OH)_2$) .

وكذلك أورد AlHassan & Hill [3] (١٩٨٦)أن سائل أو مخلوط التزجيج يتم تطبيقه على بدن الفخار المحروق إما بالتغطيس أو أى طريقة أخرى ، والقطعة التى يتم تغطيتها يتم إعادة حرقها بالفرن . وقد اضاف Rhodes [4] (١٩٩٦) بعض مميزات استخدام الرصاص فى التزجيج حيث أن تزجيجات الرصاص تكون مفيدة فى حالة درجات الحرارة المنخفضة وتتميز بانخفاض تكلفتها ، وتوفير الوقود والوقت حيث يمكن تحضيرها مباشرة من خليط من السليكا ومكونات الرصاص .

كذلك فإن هذه التزجيجات تتميز بسهولة تصنيعها وتطبيقها كما أنها تتميز بخصائص بلل أفضل وبناء على ذلك فإن خطر الزحف Crawling يكون أقل ، هذا إلى جانب سهولة التحكم فيها

---

(1) Hodge S, H . ;Op. Cit P .48 .
(2) Kenny , J . ;Op. Cit P . 181 .
(3) Al-Hassan, A.&Hill,D.;Islamic TechnologyAn illustrated History, Unesco, 1986, P186.
(4) Rhodes , D .;Op. Cit P . 82 .

جدول رقم (٢) يوضح الوان التزجيج الناتجة فى ظل وجود الأكاسيد الملونة المختلفة

اللون	الأكسيد	النسبة	درجة الحرارة	جو الفرن	ملاحظات
الأخضر	أكسيد نحاس	١-٥%	أى درجة	مؤكسد	
أخضر رمادى	أكسيد حديد	١-٤%	أى درجة	مختزل	
أخضر	حديد & نحاس	–	–	جو مؤكسد	
أخضر	حديد	–	–	جو مختزل	
أخضر باهت	أكسيد حديديك	–	–	إختزال	فى تزجيجات الرصاص
الأزرق	أكسيد نحاس + Rutile	٤%	درجة مرتفعة	جو مؤكسد	
أزرق	أكسيد نحاسيك	–	–	–	فى تزجيجات الرصاص
تركوازى	أكسيد نحاسيك + كوبالت	١ + ٠,٥ – ٢%	–	–	
تركوازى	نحاس + أكاسيد قلوية	–	–	–	
الأصفر	حديد	–	–	جو مؤكسد	تزجيجات الرصاص
أصفر فاتح	أكسيد الانتيمون + الزنك	–	–	–	
أصفر داكن	أكسيد انتيمون + حديد	–	–	–	
أصفر برتقالى	أكسيد الحديديك	–	–	أكسدة	تزجيجات الرصاص
الأحمر	أكسيد حديد	٢-٥%	منخفضة	مؤكسد	
أحمر عميق (مائل البنى)	أكسيد النحاس	–	–	مختزل	
أرجوانى	ثانى أكسيد منجنيز	٤-٦%	أى درجة	مؤكسد	
البنى	أكسيد حديد	٣-٧%	أى درجة	مؤكسد	
البنى	ثانى أكسيد المنجنيز	٥%	أى درجة	كلاهما	
البنى	الروتيل	٥%	أى درجة	مختزل	
أحمر طماطمي	أكسيد الكروم	٢-٥%	درجة منخفضة	كلاهما	وجود ZnO و MgO
(رمادي)	أكسيد نيكل + ZnO	٢-٤ %	أى درجة	كلاهما	

وســهولة تكويــنها كما أنها تعطى تزجيجات براقة ولامعة ومطفية . كذلك تتميز بانخفاض معامل التمدد الحرارى (٥-٧×١٠^-٦ / °م) ومثل هذه التزجيجات غير حساسة للتشرخ Crazing (1) .

٢ – التزجيجات القلوية **Alkaline glazes**

هــى تلــك التــزجيجات التــى تحتوى نسبة كبيرة من القلويات وهى ما تزال تحتوى علي الأكاسيد الحامضية التى تكون التزجيج ولكنها تكون ذات كميات قليلة (2) .

أمــا بالنسبة للألوان التى ينتجها هذا النوع من التزجيج فقد ذكر Rhodes (3)(١٩٩٦)أن وجــود اكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم فى التزجيج تنتج الألوان المتألقة ذات ألوان قوية وذلك نتيجة إضــافة أكاسيد ملونة مختلفة حيث أن أكسيد النحاس يعطى درجات من الأزرق المصرى المشهور الذى ظهر فى الفيانس المصرى القديم فهو تزجيج قلوي ملون بالنحاس (4) .

واللــون الأزرق المصــرى عــبارة عن مادة صناعية تتكون من عدة مكونات منها السليكا والنحاس والكالسيوم وقد صنعت من خلال تسخينها معا . حيث يسخن كل من الكالسيت و الملاكيت والكوارتز عند درجة ٧٤٢ °م وذلك بإضافة قلوى مثل ملح النطرون .

$$Cu_2CO_3(OH)_2+8SiO_2+2CaCO_3 \longrightarrow 2CaCuSi_4O_{10}+3CO_2 + H_2$$

وتتميــز التزجيجات القلوية بأنها لينه وتتشقق على معظم أبدان الطفلة هذا إلى جانب تميزها بأنهــا تسيل Running وميلها إلى التشرخ وذلك لأن الصودا والبوتاسا تتميز بارتفاع معدل التمدد والانكماش (5) .

٣– تزجيجات الرماد **Ash glazes**

وهــو نــوع مبكر من التزجيج تكون بالرماد الناتج عن الحرق داخل الفرن ويغطى القطعة ويتكون على السطح ، وقد يطبق الرماد فى صورة مسحوق على سطح الآنية قبل الحرق مما يؤدى إلــى إنــتاج طبقة تزجيج دقيقة . ولقد استخدم الخشب و النباتات فى التزجيج قديما حيث أنها تعطى جــودة للتــزجيج التــى يكون من الصعب الحصول عليها من مواد أخرى وقد ظهر هذا النوع من

---

(1)Tite , M. S. , Free stone , Mason , R. , Molera, J . Vendrell- Saz , M. , and Wood , N.; Review article Lead glazes in Antiquity- Methods of production and reasons for use , Archaeometry , 40(2) 1998, PP.241-260 .

(2) Hamer , F .;Op., Cit P . 5 .

(3) Rhode , S D. ; Op., cit , 130 .

(4) Lorna , L and Quirke , S .; Painting materials in Ancient Egyptian Materials and technology by Nicholson, p . and Shaw , I . Cambridge University Press, 2000 ,P . 109 .

(5) Hamer , F. ; Op. Cit., P . 5 .

التـــزجيج عندما اكتشفه الصينيون فى افران الحرق بالخشب حيث أنه حدث تزجيج جزئى بواسطة الرماد[1]. وهناك نوعين من الرماد هما :-

١ - رمـــاد العظـــم Bone Ash $Ca_3(PO_4)_2$

وهو مسحوق العظم وعادة ما يكون عظام الماشية ويتكون رماد العظم من ٥٥% كالسيت ، ٤٠% خـــامس أكســـيد الفوسفور ويستخدم كمادة معتمة وقد يستخدم هذا الرماد مع أكسيد القصدير لكنه قد يتسبب فى حدوث زحف او تبثر Crawling or Blistering .

٢ - رماد الخشب Wood Ash

وهى البقايا غير العضوية لرماد الخشب والذي يتكون من ما يزيد عن ٥٠% مواد مصهرة قلـــوية " بوتاسا K_2O، ماجنيزيا MgO، كالسيا CaO، الباقى سليكا وخامس أكسيد الفوسفور وهى مـــن المـــواد المكـــونة للزجاج وبالتالى يتشابه الرماد مع التزجيج وبالتالى يمكن أن يسمى حميص التزجيج الطبيعى ويعتبر رماد متاح حيث أن الأخشاب كانت مستخدمة فى الأفران [2] .

أساليب صناعة أدوات الإضاءة الخزفية

أ - صناعة البدن Body manufacture

قـــبل الـــبدء فى عملية التشكيل كان يسبق ذلك عدة مراحل وهى عملية التخمير حيث تخلط الطفلـــة بالمـــاء وتترك لعدة أيام مع استمرار التقليب وقبل ذلك تنقى الطفلة من الشوائب ذات الحجم الكبيـــر . ويلى ذلك عملية العجن ويتم ذلك بالأيدى والأرجل لزيادة تماسك جزئيات الطفلة وإخراج الهواء من الطفلة وبعد ذلك تكون العجينة معدة للتشكيل باليد أو القالب أو العجلة [3] .

فائدة العجن قبل التشكيل على العجلة " الدولاب " انه يساعد على طرد الجيوب الهوائية التى ربما تفسد جدران القطعة أثناء العمل ويساعد على استعداد جزئيات الطفلة وتجهيزها للعمل ويساعد ايضا على تجانس محتويات الرطوبة بها [4] .

وفيما يلى أهم الطرق التى استخدمت فى صناعة المسارج الخزفية فى العصر الإسلامى:-

---

(1) Rhodes , D . ; Op Cit . p . 83 .
(2) Hamer , F . ; Op Cit P . 31.

(٣) مـــرفت عـــبد الهادى: المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتى نهاية العصر الفاطمى من خـــلال مجمـــوعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة . رسالة ماجستير، قسم الآثار الإسلامية ، كلية الآثار، جامعة القاهرة ، ١٩٩٨، ص٧ .

(٤) عـــنايات المهـــدى : فـــن إعداد وزخرفة الخزف، مكتبة بن سينا للنشر والتوزيع والتصدير. القاهرة ،١٩٩٤، ص٢٢٢.

(١) عجلة التشكيل Wheel (throwing on wheel)

تستخدم هذه الطريقة فى تشكيل المسارج ذات البدن الكروى أو الدائرى أو على شكل اسطوانى . ويرجع استخدام هذه الطريقة إلى بداية العصور الفرعونية ٢٠٠٠ ق . م [1] .

ويعطى استخدام العجلة نوع من التحكم فى القطعة المشكلة والتى كان من الصعب وجودها عند استخدام الطرق الأخرى [2]. ويشكل الفخار فى هذه الطريقة بواسطة كتلة من الطفلة توضع على قرص دائرى يمكن دورانها باستمرار لمدة طويلة من الوقت وتتكون العجلة من جزئين .

أ – رأس العجلة Wheel head وهى التى يوضع عليها الطفلة التى يتم استخدامها في التشكيل.

ب – عجلة الدفع Kick-wheel ويكون قطرها أكبر من رأس العجلة. ويتم دفعها بالرجل لتحريك رأس العجلة ويتم إزالة القطعة من على رأس العجلة باستخدام خيط أو شعر حصان [3]ويظهر تركيب العجلة في الشكل رقم(٣) كما يظهر تأثير استخدام اليد في التشكيل علي العجلة في الصورة رقم(٦).

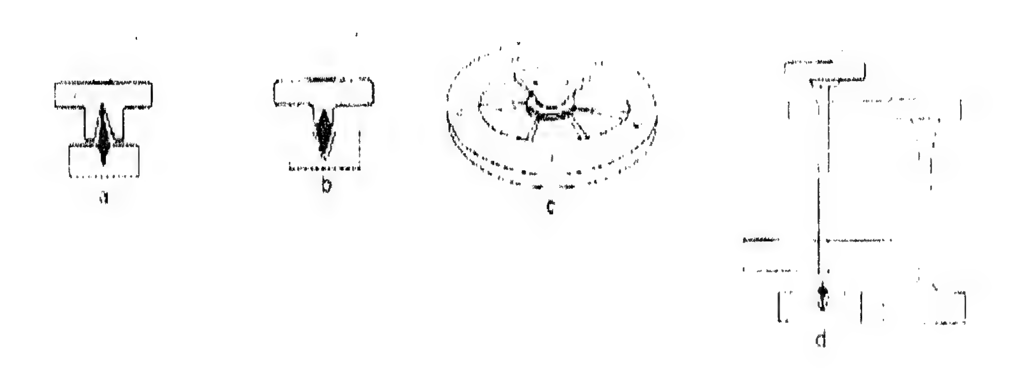
(٢) طريقة التشكيل باليد Hand building techniques

تعد هذه الطريقة من أقدم الطرق التى عرفها الإنسان منذ عرف الأوانى المصنوعة من الطين وتحتاج هذه الطريقة إلى مهارة فائقة حيث يستخدم الصانع يده وأصابعه فى التشكيل [4] .

بينما ذكرت Sinopoli [5] (١٩٩١)أنها من أبسط الطرق المستخدمة حيث تتم بوضع كتلة من الطفلة فى يد واستخدام اليد الأخرى فى التشكيل وذلك بعمل فتحة فى المركز وبعد ذلك يتم تقليل سمك الجدران وذلك بسحب الطفلة من القاعدة ، وقد استخدمت طريقة تشكيل المسارج باليد فى كل العصور وتحتاج هذه الطريقة إلى أن يتوفر فى الطينة اللزوجة المناسبة فإذا ما كانت تلك اللدونة بالقدر اللازم الذى يمكن استخدامها باليد فإنه يسهل العمل بها أما إذا زادت لزوجتها أو زاد جفافها فإنه يتعذر استخدامها [6] .

---

(١) زكى اسكندر وآخرون : الموسوعة الأثرية العالمية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ،القاهرة، ١٩٧٧ ص٥٦٢
(2)Henderson , J . ; Op. Cit . P . 119 .
(3) Hodges , H ; Op. Cit . P . 28 .
(٤) حسن الباشا : مدخل إلى الآثار الإسلامية . دار النهضة العربية ، القاهرة ،١٩٧٩، ص٣٧٥ .
(5) Sinopoli , C . ;Op. Cit . P . 19 .
(6) Bailey ,D .M. ;Greek and Roman Pottery Lamps , British Museum Press , 1972 , P. 13 .



شكل رقم(٣) يوضح تركيب العجلة (الدولاب).

(Rice ,P. ,1987,P133)



صورة رقم (٦) توضح تأثير اليد فى التشكيل على العجلة.

(٣) التشكيل فى قالب Forming in mould

تعـد مـن الطـرق الهامة فى تشكيل المسارج والأكثر استخداما ويستخدم القالب فى صب المسارج اللوزية الشكل حيث كانت تصب المسرجة فى جزئين كل جزء فى قالب منفصل ثم يلصق الجـزء العلوى مع الجزء السفلى [1] . ويتم لصق الجزئين معا بواسطة طينة سائلة من نفس النوع المستخدم فى عملية الصب والمسارج المشكلة عن طريق القالب تبدو زخارفها الناتجة عن القالب بـارزة وواضـحة التفصيلات وكانت الزخارف توجد فى الجزء العلوى من القالب ، ويلجأ الصانع إلى استخدام القالب بهدف إنتاج كميات كبيره وبشكل واحد [2] .

وقـد ذكر AlHassan & Hill [3] (١٩٨٦)أنه فى هذه الطريقة يتم عمل قالب من مادة مسـامية يوضـع فيها الطفلة المخلوطة بالماء ويتم تحريك هذه الطفلة فيمتص القالب الماء وتتصلب الطفلـة آخذه شكل القالب وبواسطة الأصابع نضغط على الطفلة و بعد امتصاص الماء تجف الطفلة وتنكمش منفصلة عن القالب ويوضح الشكل رقم (٤) طريقة الصب في القالب .

المقابض والقطع الإضافية

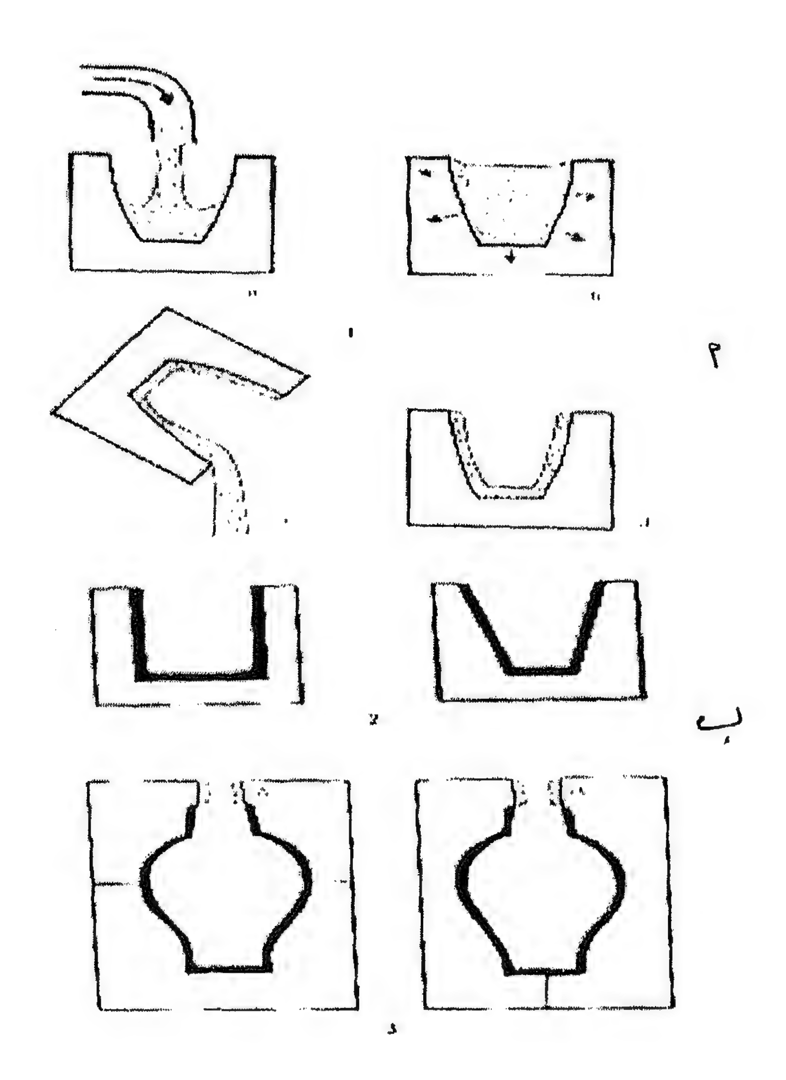
تلصـق المقابض أو الأجزاء الإضافية مثل " المشعل والفوهة والقاعدة " مع المسرجة وهى فى حالة رطبة باستعمال الغراء الطينى ولا شك أن شكل المسرجة يظل ناقصا إلى أن تكمله تلك المقـابض الصغيرة أو الكبيرة تبعا لما تحتاجه ، وقد تعددت أشكال وأنواع المقابض فمنها ما يصنع بطـريقة سـحب الطيـنة ومنها ما يشكل ثم يلصق منفردا وأحيانا يكون على شكل حيوان أو طائر ويجب أن تكون طينة المقابض من نفس نوع طينة المسرجة حتى تتفق معها فى قابليتها للانكماش ومـا يتـبع ذلـك من الأمور الفنية والصناعية ، وفى حالة المسارج على شكل طبق يثنى جزء من حافة الطبق ليضغط بها على الفتيلة [4] .

([1]) حسن الباشا : المرجع السابق ص ٣٧٤ .

([2]) ديماند م : الفنون الإسلامية . دار المعارف . القاهرة . ١٩٥٨ ص ١٨١ .

(3) Al-Hassan , A& Hill , D . R. ;O P Cit . P . 164 .

([4]) مرفت عبد الهادى : المرجع السابق ص ١١ .



شكل رقم (٤) يوضح طريقة الصب باستخدام القالب.

أ-طريقة الصب ب- أنواع القوالب (قطعه واحده ،قطعتين)

(Hamer,F. ,1986,P275)

ب – التجفيف Drying

وهـــى تعتبـــر من العمليات الهامة فى الإنتاج الخزفى وفيها يتم التخلص من الماء المضاف إلـــى الخامات المكونة لخلطة البدن وهو الماء المتحد فيزيائيا وعملية التجفيف تسبق عملية التسوية " الحـــرق" وكانـــت المنتجات تجفف قديما فى الهواء العادى أو فى الشمس ويجب أن تتم هذه العملية ببطء حتى لا تتسبب السرعة فى إحداث مشاكل بالبدن [1] .

جـ – الحرق Firing

عـــند تســـخين الطفلـــة إلى درجة حرارة كافية فإنه يحدث تغيير كيميائى غير استرجاعى وتصبح مادة ثابتة ودائمة [2] . وذكر Hamer [3] (١٩٨٦)أنها عملية تحويل الطفلة إلى فخار و تشـمل درجـــة حرارة لا تقل عن ٦٠٠ °م ، فالطفلة تتحول بالحرق إلى مادة تشبه الحجر لا تتأثر بالمـــاء وفى بعض الأحيان تكون غير منفذة للماء وتطبيق الحرارة على الطفلة يغير من خصائصها الفيـــزيائية والكيمائـــية بدايـــة من درجات الحرارة المنخفضة نسبيا ويستمر خلال درجات الحرارة المـــرتفعة ، ويتوقف ذلك على استمرار الحرق Duration ، درجة الحرارة Temperature وجو الفـــرن Atmosphere ولا يجـــب أن نـــتجاهل أى من هذه العوامل [4] . وتمر عملية الحرق بعدة مراحل هى فقد الماء والأكسده والتزجج .

١ – فقد الماء Dehydration

يفقـــد فـــي هذه المرحلة الماء المتبقي الذى كان غير قادر على الجفاف بسبب رطوبة الجو والضغط وهذا يحدث بين درجة حرارة الغرفة ونقطة غليان الماء وعادة ما تنتهى هذه المرحلة عند ١٢٠ °م ، ويجب أن تتم هذه المرحلة بحذر [5] .

وتفقـــد الطفلـــة المـــاء تدريجـــيا وفى نفس الوقت فإن تركيب معادن الطفلة وخصائصها الكيميائية سوف تتغير وأثناء هذه العمليات تصبح الطفلة صلبه ، معظم الفقد فى الوزن اثناء الحرق يكون نتيجة فقد الماء المدمص وماء المسام من الطفلة [6] .

---

(1) فاطمـــة صـــلاح مذكور : دراسة تقنية وعلاج وصيانة البلاطات الخزفية الأثرية فى مصر مع التطبيق العملى علـــى بعض النماذج من العصر العثمانى وعهد محمد على ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار، جامعة القاهرة ، ١٩٩٩ ، ص ٥٦ .

(2) Mark , P . A. & Heron , C . ;Archaeological Chemistry – Royal Society of Chemistry, Cambridge press , 1996, P . 104 .

(3) Hamer , F .;Op. Cit., P . 121,122 .

(4) Rice , P . ;Op. Cit., P . 81 .

(5) Hamer , F . ;Op. Cit., P . 121.

(6) Henderson , J . ; Op. Cit., p . 132 .

وقـد ذكر Rhodes [1] (١٩٩٦)أن هذه المرحلة تتم عند ١٠٠ °م أما الماء المتحد كيميائيا يـبدأ فقده عند ٣٥٠ °م وهذا الماء جزء من تركيب الطفلة . وعند الوصول إلى ٥٠٠ °م يكون تم فقده كليا وتسمي هذه المرحلة بفقد الماء المتحد كيميائيا dehydroxylation .

٢ – الأكسدة Oxidation

يحـدث هـذا التغيـر أثناء المراحل المبكرة لحرق الطفلة وهو تفكك أو تحلل كل المكونات للطفلـة التـى لـم تكن فى شكل مؤكسد و ذلك يشمل المواد العضوية مثل الكربون أو المواد غير العضـوية مثل الكربونات والكبريتات، وأكسدة هذه المكونات عادة ما تكون غير كاملة إلى أن تصل إلـى درجة ٩٠٠ °م وتتطلب هذه العملية أن يكون الأكسجين موجود بكمية كافية داخل الفرن [2] . وتـبدأ أكسدة المواد العضوية بين ٢٠٠–٣٠٠ °م ومعدل الأكسدة يعتمد على طبيعة المواد العضوية وكمـية الأكسـجين المتاحة أو سهولة الدخول خلال كتلة الطفلة إلى المواد العضوية وطبيعة المواد العضوية تعتمد على مكوناتها وحجم جزئياتها .

ويـزداد معـدل الأكسدة بارتفاع درجة الحرارة ويجب التخلص من هذه المواد قبل تزجج القطعة حتى لا يحدث تشوه للبدن [3] . أما المواد غير العضوية مثل الكالسيت $CaCO_3$ فإنه عندما يسخن فوق ٦٥٠ °م فإنه يبدأ فى فقد CO_2 الذى يتحرك كغاز تاركا أكسيد الكالسيوم ويزداد المعدل بارتفاع درجة الحرارة إلى ٨٩٨ °م [4] .

٣ – الـتـزجـج Vitrification

يحـدث التزجج بزيادة درجة الحرارة وهذه المرحلة تحدث تصلب وفى النهاية يحدث تزجج جزئى ويعطى الطفلة المحروقة خصائص الصلابة والدوام والكثافة وخواص تشبه الحجر [5] .

ويسـبق هذه المرحلة عملية أخرى وهى التلبيد Sintering "المرحلة التي تسبق التزجج ،حيث تبدء الحـواف الخارجـية للسـيليكا في الانصهار والتداخل "ويحدث التلبيد عند انخفاض نسبة الشوائب ويحـدث فى الحالة الصلبة وهي العملية التى من خلالها ترتبط الحبيبات مع بعضها بالتسخين وذلك لزيادة كثافة البدن وخفض المسامية ويزداد معدل التلبيد بتضاغط الكتلة قبل التلبيد [6] .

---

(1) Rhodes , D . ;Op. Cit . P . 16 .
(2) Ibid , P. 16 .
(3) Grim , R . ;Op. Cit., P . 82 .
(4) Shepard , A. O .;Op. Cit., P . 22 .
(5) Rhodes , D . ; Op. Cit. P., 17 .
(6) Ford,W.F.;4-The effect of heat on Ceramics ,Institute of Ceramic,text series, Maclaren & Sons, LTD, London ,1976 , P . 51.

أما فى التزجج فيحدث انصهار لبعض مكونات الطفلة مثل أكاسيد الحديد وتتكون فى النهاية أجـزاء صـغيرة من الزجاج تغمس المنطقة المحيطة وتربط الأجزاء معا كالغراء ، ويصل التزجج إلـى أقصـاه فـى حالة البورسلين ، وقوة الطفلة المحروقة ليست بسبب تكون الزجاج ولكن أيضا بسبب تكون بلورات جديدة مثل بلورات الموليت Mullite ويوضح الشكل رقم (٥) مراحل التزجج داخـل الـبدن . ويحدث هذا فى الطفلات الحمراء التى تحتوى نسبة من الحديد عند ١٠٠٠ °م أما الكاولين النقى فتصل درجة حرارة تزججه إلى ١٢٥٠ °م [1] .

تأثير الحرق على مكونات البدن المختلفة

Effect of Firing on different components of body

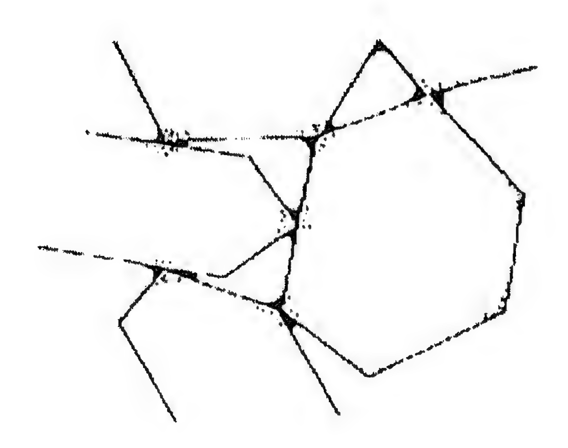
١ – معادن الطفلة Clay Minerals

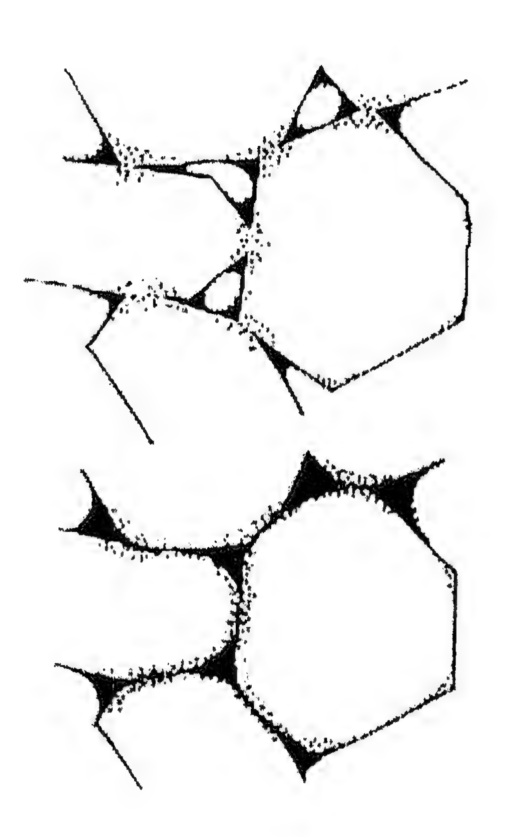
ذكـر Rice [2] (١٩٨٧)أنه عند درجات الحرارة المرتفعة فوق ٦٠٠ °م تقريبا بعد فقد الماء فإن معادن الطفلة تعانى من تغيرات كبيرة فى التركيب الكيميائى المعدنى للطفلة ، فالكاولينيت عـند أكثر من ٥٠٠ °م يتحول إلى ميتاكاولين Al_2O_3 $2SiO_2$ وهو قليل التبلور لذلك لا يظهر عند تحلـيله بـ XRD ويتفكك الميتاكاولين عند حوالى ٩٥٠ °م ليكون السبنيل Spinel (2 Al_2O_3 $3SiO_2$) بالإضافة إلى سليكا حرة ، وإعادة التبلور هذه تكون مصحوبة بانكماش وفى درجة ١٠٥٠ -١٢٧٥ °م يـتحول السـبنيل إلى موليت ($3Al_2O_3$ $2SiO_2$) والذى يكون فى شكل بلورات أبرية تحت الميكروسكوب .

$6(Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O)$ Kaolinite
$6(Al_2O_3 . 2SiO_2)$ Meta Kaolin
$3SiO_2 + 3(2Al_2O_3 . 3SiO_2)$ Al – Si Spinel
$3SiO_2 + 2(3Al_2O_3 . 2SiO_2$ Mullite [3]

---

(1) Rhodes , D . ; O P Cit .p.19
(2) Rice . P. : O P Cit p . 90 .
(3) Ford ,W .F. ;O P Cit P . 51.





شكل رقم (٥) يوضح مراحل التزجج داخل البدن

(Hamer,F. ,1986,P.123)

أمـــا Norton [1] (١٩٤٩)فقد ذكر أن التفكك الشبكي للمونتيموريللونيت والأيلليت يبدأ عـــند ٦٠٠ °م ويكتمل تفكك الشبكة عند ٨٠٠ °م ولكنه يذوب كلية عند ١٣٠٠ °م ويظهر المولييت Mullite عند ١٠٥٠ °م ويحدث نفس الشيء للايلليت ولكن لا يظهر المولييت قبل ١١٠٠ °م .

٢ – الكوارتز Quartz

يعانـــي الكوارتـــز مـــن ثلاث تغيرات فى التركيب البلوري والروابط وهذه التغيرات والتى تـــوجد عـــند ٥٧٣ ، ٨٦٧– ٨٧٠ ، ١٢٥٠ °م مصاحبة بتغيرات فى الخواص مثل الكثافة والثقل النوعى .

- **التغير الأول :** يحدث عند ٥± ٥٧٣ °م ويتغير الكوارتز من ألفا إلى بيتا (Alpha to Beta) وهـــذا التغير يكون مصاحب بتغير فى التركيب ينتج فى شكل تمدد حبيبات الكوارتز والتمدد فى الحجم يكون ٢% بينما التمدد الخطي يكون ١,٠٣% .
- **التغيـــر الثانـــي والـــثالث :** الـــذى يـــبدأ عند ٨٦٧–١٢٥٠ °م يؤدى إلى تكون التريديميت Tridymite من بيتا كوارتز وعندئذ إلى كريستوباليت Cristobalite من التريديميت وهذه الـــتفاعلات تكـــون بطيئة لذلك فإن الدرجة التى تحدث عندها هذه التفاعلات فى البدن تعتمد على المدة التى تثبت عندها درجة الحرارة Soaking .

ويثبت الكريستوباليت عند ١٤٧٠°م وقد يتكون من الكوارتز الحر أثناء تكون المولييت عند ١٠٥٠ °م [2] .

٣ – الكالسيت Ca CO3 Calcite

يـــتحل الكالســـيت عند الحرق فى درجة ٨٧٠ °م تقريباً وهذا الاختلاف نتيجة طول وقت الحـــرق أو الجـــو الـــذى يحدث عنده الحرق وعند تحلله يكون CaO, CO_2 وتلعب حجم حبيبات البلورات دورا هاما فى ذلك وإذا حدث الحرق فوق ١٠٠٠ °م فإن الكالسيوم يكون جزء من الطور الزجاجى السائل ويمكن أن يتكون الولاستونيت Wollastonite $CaSiO_3$ ، قـــد تزداد سرعة انصهار مركبات الكالسيوم فى الجو المختزل [3].وقد صنف Maggetti [4] (١٩٨١)المعـــادن التى تنتج بعد الحرق الي معادن أولية PrimaryMinerals وهى المعادن

---

(1) Norton , F . H. : Op. Cit . P . 182 .
(2) Rice , P . , Op. Cit . P . 95 .
(3) Henderson , J . ;Op. Cit P. 134 .
(4)Maggetti , M .;Composition of Roman Pottery From Lousonna (Switzerland) ,in: Scientific studies in ancient ceramics (ed). by Hughes, M. J. ,British Museum Occasional Paper No. 19. 1981, PP33-50 .

الـناتجة من الطفلة الأصلية ولم تتحلل أو تتفكك أثناء الحرق مثل الكوارتز. و معادن حرق FiringMinerals وهي المعادن المتكونة أثناء الحرق

مـثل الدايوبسـيد والجهلينـيت والهيماتـيت والولاستونيت بالاضافه الي المعادن الثانويه Secondary minerals

وهى المعادن التي تكونت بعد الحرق خاصة أثناء الدفن إما بالتبلور أو تغلغل المحاليل مثل الكالسـيت ، ما سبق من حرق يسمى حرق البسكويت أوالبسكوbiscuit, bisque ويلى ذلك تطبيق التزجيج ثم حرقه .

ب – تطبيق التزجيج Glaze applying

وبعـد حرق البسكويت يتم تبريد القطعة ويطبق عليها التزجيج وحرق البسكويت هذا يجعل القطعـة أكثـر قوة وذلك ليطبق عليها التزجيج ويترك البدن مسامى بما يكفى حيث يلتصق التزجيج أفضل [1] . ويمكن تطبيق التزجيج مباشرة من المواد الخام وهى جافة على سطح القطعة وفى حالة الجـزئيات الدقيقة يجب استخدام مادة لاصقة مع الماء . وهذه الطريقة التى يطحن فيها المواد الخام وتطبق مباشرة على السطح فإن التزجيج يسمى بالتزجيج الخام Raw glaze .

وهـذه الطـريقة لا يمكن تطبيقها حيث أن كل مكونات الصوديوم والبوتاسيوم سابقة الذكر فـيما عـدا الفلسبارات عالية الذوبان فى الماء وإذا تم تطبيقها مباشرة على البدن فإنه سوف يمتص أكثـر مما يبقى على السطح وللتغلب على هذه المشكلة فإن المواد الخام تحضر وتصهر " تحمص" فـى بـوتقه لتجعل مادة التزجيج غير قابله للذوبان وتطحن هذه المادة وتعلق فى الماء وتطبق على الـبدن . كذلك فإذا لم تطبق مواد التزجيج وهى جافة فإن سائل التزجيج قد يتم رشه على القطعة أو قـد تغمـس الآنـية فى السائل كذلك يمكن استخدام الفرشاة التى قد ينتج عن استخدامها تغطية غير متساوية [2] .

وأضـاف Hedges [3] (١٩٨٣)أن التزجيج قد يطبق على البدن كخليط من مسحوق المواد المخـتلطة مـع الماء أو قد يترسب على سطح البدن أثناء التجفيف فى شكل أملاح متزهرة و التى تتصهر عند الحرق وتصهر جزئيات الكوارتز على سطح البدن لتكون التزجيج .

ويعـتمد سمك التزجيج قبل الحرق على مسامية البدن ، وقد ينتهى التزجيج عند خط معين وذلـك لكـى يسـهل حمل القطعة أثناء تطبيق التزجيج حتى لا تلتصق القطعة بالحامل الذى توجد فوقه .

---

(1) Rice , P. ;Op. Cit P . 99 .
(2) Hodges , H . ; Op. Cit 46.
(3) Hedges R . E . , et al ; Op. Cit 26.

وقد يطبق التزجيج على بدن محروق أو بدن غير محروق وفى حالة البدن غير المحروق فإنه يكون هناك انتقال لبعض المكونات من البدن إلى التزجيج ويحدث تداخل كبير بين البدن والتزجيج فى هذه الحالة حيث يحدث انحلال خفيف للبدن المحروق أثناء تطبيق التزجيج ويحدث اختلاط بين حبيبات البدن مع جزئيات التزجيج الرطب ، ويحدث ذلك أكثر عندما يطبق التزجيج بالفرشاة .

بينما من مميزات استخدام البدن المحروق أنه يكون ثابت أثناء تطبيق التزجيج ولا يعانى من تمدد أو انكماش نتيجة البلل والتجفيف الذى يتبعه،والمميزات الأكثر نتيجة استخدام بدن محروق هو تفكك كربونات الكالسيوم فى البدن المحروق ذو الطفلة الجيرية وانطلاق غاز CO_2 وبالتالى فإن الفقاعات يمكن تجنبها ، و كذلك انتشار الحديد من البدن إلى التزجيج يقل نتيجة ثبات الحديد فى شكل بلورات كذلك فإن تطبيق المعلق على بدن محروق يكون أسهل [1]

حرق التزجيج Glaze Firing

لقد استخدم الخزاف الماء فى تطبيق مسحوق التزجيج على القطعة و عندما يتم التسخين إلى درجة الاحمرار فإن التغيير يبدا فى الحدوث فى التزجيج وتبدأ بعض المواد التى توجد فى التزجيج فى التطاير مثل الكربون والكبريت ، وتبدأ الأكاسيد فى التفاعل والانصهار بين اثنين أو أكثر من المواد ويحدث هذا الانصهار تدريجيا بارتفاع درجة الحرارة [2] . ويعتبر الانصهار تحول المواد المختلفة إلى سائل متجانس وهناك عدة عوامل تؤثر فى الانصهار منها مكونات التزجيج والمواد المصهرة ونسبها وكذلك الجزئيات الصغيرة التى تعطى سطحا أكبر لتهاجم بالحرارة كذلك الحرق الطويل والحميص [3] .

وهناك عوامل أخرى تقلل نقطة انصهار التزجيج كزيادة كمية المواد المصهرة الفعالة مثل أكسيد الرصاص والصودا والبوتاسا وإضافة أكثر من نوع من الأكاسيد المصهرة هذا إلى جانب تقليل كمية السليكا والألومنيا وكذلك تقليل كمية المواد المصهرة غير الفعالة مثل الماغنسيا وأكسيد الباريوم [4] .

جو الحرق Firing Atmosphere

يتميز جو الحرق بأن له تأثير هام حيث أنه يؤثر فى اللون والصلادة بالنسبة للقطعه بالإضافة إلى انكماشها ومساميتها ومن المهم معرفة جو الفرن عندما كانت درجة الحرارة قصوى

---

(1) Tite , M . S. et al ;Op. Cit P . 254 .
(2) Rhodes . D . ; Op. Cit P. 87 .
(3) Hamer , F. ; Op. Cit P . 142 .
(4) Rhodes , D . ; Op. Cit P . 163 .

وكـــذلك معرفة الجو أثناء التبريد ، ويتأثر جو الفرن بعدة عوامل منها تدفق الهواء واستخدام أنواع مختلفة من الوقود بالإضافه إلي التغطية بالرماد للقطعة .

ويـــتحدد جـــو الحـــرق من خلال الاتزان بين الغازات مثل الأكسجين وأول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون أثناء عملية الحرق [1] .

١ – الجو المؤكسد Oxidizing Atmosphere

تـــتطلب عملـــية الأكســـدة تـــيار هواء جيد بالإضافة إلى درجة حرارة كافية لحرق المواد الكـــربونية ، وتعـــتمد درجة الحرارة المثالية للأكسدة بصورة جزئية على خواص الطفلة حيث أنه يجـــب أن تـــتم الأكســـدة قـــبل بـــدء عملية التزجج التى تختلف اختلافا كبيرا باختلاف نوع الطفلة فـــالطفلات ذات المحـــتوى العالى من المواد العضوية والكثيفه تتطلب فترة أكسدة طويلة بينما التى تحتوى كمية صغيرة تكون سهلة الأكسدة [2] .

وأشـــار Hamer [3] (١٩٨٦)أن الأكسدة ترجع إلى اتحاد الأكسجين مع عنصر أو مركب وهـــذا الـــتفاعل يحدث عند الحرق في درجة حرارة أعلي من درجة الاحمرار وتتطلب مزيد من الهـــواء للحرق . وأهمية الأكسدة توجد فى حالة الكربون والكبريت حيث انه عادة ما يوجد احد هذه العناصـــر بالـــبدن ويتم الحرق بين ٧٠٠-١١٥٠ °م ، والكيميائيين ينظرون إلى الأكسدة على أنها إزالـــة الهيدروجـــين وفقـــد إلكترونات ، أما الخزافون فيرون أنها تشمل تحلل أو تفكك الكربونات والكبريتات، وينتج فى النهاية أكسيد الكالسيوم أو الكبريت والذى يدخل فى عملية الانصهار .

$CaCO_3 \rightarrow CO_2\uparrow + Ca\,O$

$2(Fe\,SO_4 . 7H_2O) \rightarrow 14H_2O\uparrow + SO_2\uparrow + SO_3\uparrow + Fe_2\,O_3$

وبعض المواد فى الفخار تتطلب أكسدة متعمدة للتخلص من المواد المتطايرة مثل الكبريت، الفلور التى توجد فى الطين ، الصخور الفلسبارية .

٢ – الجو المختزل Reducing Atmosphere

يكـــون جـــو الفـــرن مختزلا عندما يكون وقود الفرن رطبا ولا يحدث إمداد للفرن بالهواء فـــيكون اللهـــب مصـــحوبا بالـــدخان حيث أن الوقود لم يحترق احتراقا كليا ويكون هواء الفرن به الكربون وأول أكسيد الكربون ولا يحتوى على أكسجين أو قد يحتوى كمية قليلة منه .

ويلاحـــظ أن المـــادة العضوية لا تحترق كلية حيث أنه لا يوجد أكسجين كاف لتحويله إلى غـــاز وتحصـــل القطعة على مزيد من الكربون من الدخان ، وفى نفس الوقت فإن بعض الأكاسيد

---

(5) Henderson , J. ;Op. Cit P . 131 .
(1) Shepard , A. O . ; Op. Cit P . 81 .
(2) Hamer , F . ; Op. Cit P . 211 .

المعدنـــية فى القطعة قد تفقد جزء أو كل الأكسجين الذى تحتويه وبالتالى يحدث اختزال ويكون جو الفرن مختزل [1] .

وتعـــتمد نظرية الاختزال على أنه عندما يحترق الوقود فإن الكربون الموجود بالوقود يتحد مـــع الأكســـجين الموجود بالهواء ليحدث تفاعل كيميائى وينتج من هذا التفاعل حرارة وثانى أكسيد الكربون .

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + Heat$$

وإن لـــم يكن هناك أكسجين كاف أثناء الحرق ليتحد مع الكربون مكونا أول أكسيد الكربون وهـــو نشـــط ويخطف الأكسجين من أى مصدر متاح مثل بعض أكاسيد المواد الخام التي تدخل في تـــركيب البدن ، ويمكن التحكم فى درجة الاختزال بتغيير كمية الهواء التى يسمح لها بالاختلاط مع الوقـــود [2]. وأشار Rhodes [3] (١٩٩٦)أيضا إلى أن المرحلة الأولى من الحرق التى تكون عند ٨٠٠ °م يجـــب أن تكون مؤكسدة وذلك لأن الاختزال قبل هذه النقطة يكون غير ضرورى حيث أنه قد يسبب بعض المشاكل .

تأثير الاختزال على مكونات البدن :

لا يحـــدث اختـــزال لمكـــونات كثيـــرة فى البدن حيث أن المكون الأساسى هى الألومنيا والسليكا وهى عادة ما تكون ثابتة ، تأثير واحد يكون موجود للاختزال وهو اللون الرمادى والأسود نتـــيجة ترســـيب الكربون فى مسام القطعة أثناء الحرق . والتغيير الأساسى فى الطفلة يكون نتيجة الحديـــد الموجـــود بها حيث أن أكسيد الحديد الموجود فى كل الطفلات يتحول من اللون البنى إلى الرمادى أو الأسود .

وظاهـــرة أخرى توجد عندما يكون سطح الطفلة ذو لون بنى بينما الجزء الداخلى يكون ذو لـــون أسود أو رمادى وما حدث هو أن السطح حدث له إعادة أكسدة re-oxidation للحديد محولا إياه إلى أكسيد الحديديك الأحمر ويتم ذلك عند التبريد [4] .

أفران الحرق Kilns Firing

لقـــد عـــرف Nelson [5] (١٩٩٩)الأفران بأنها بناء مغلق به نظام تهوية يسمح للحرارة بالمرور على القطع ولا تتصل القطع بالوقود حيث ان النظام مغلق ، وتصنع الأفران عادة من مادة مسامية مثل أو الآجر أو الطوب اللبن حيث أنها تستعمل لعمليات حرق عديدة ومستمرة .

---

(3) Hodges , H. ; Op. Cit P. 40 .
(1) Ibid, P . 263 .
(2) Rhodes,D.: OP Cit , P . 272 .
(3) Ibid , P. 264 .
(4) Nelson K. ;Op. Cit P . 75 .

وذكر AL - Hassan & Hill [1] (١٩٨٦)أن أحجـام الأفران تختلف وذلك اعتمادا على الكمـية التـى سـوف يحرقها الخزاف . وأضاف Henderson [2] (٢٠٠٠)أن الوقود المستخدم Fuels قـد يكـون صلب أو لين حيث تحدد كمية الحرارة الناتجة ، فالأخشاب اللينية تحترق أسرع وعليه يكون معدل حرارتها أسرع ، وغالبا ما يكون الوقود من الخشب أو الفحم .

وفيما يلى بعض أنواع الأفران :

١ – حرق الحفرة Pit Kiln

يـتكون هـذا النوع من الأفران من قطعة أرض محاطة من ثلاث أو أربع جهات بواسطة جدران منخفضة من الطوب اللبن ويوضع الوقود فى هذا الفرن أسفل وأعلى القطع [3] .

٢ – الحرق المفتوح Open Firing

تـدفن القطع فى حفرة فى مستوى الأرض وتصل درجة الحرارة إلى ٩٠٠ °م ، ويميل هذا الحـرق إلـى أن وقته قصير ودرجة حرارته منخفضة وأعلى درجة لها ٨٠٠–٩٠٠ °م ويتم ذلك بوضـع القطع على وقود و يوضع مزيد من الوقود على السطح ولكن يكون من عيوب هذا الحرق انه من الصعب التحكم فيه [4] .

٣ – الأفران ذات السحب السفلي Down – draught Kiln

هـى الأفران التى ترتفع فيها الغازات الساخنة إلى أعلى ثم بعد ذلك تخرج هذه الغازات من فـتحة ذات مسـتوى أقـل مـن مستوى الوقود ويتطلب سحب هذه الغازات مدخنة طويلة وتعمل الغـازات السـاخنة على استمرار درجة حرارة الفرن مرتفعة لمدة أطول حيث أنها تتحرك مرتين داخـل الغرفة . أيضا يكون التسخين متجانس ويكون هناك تحكم فى دورة الحرق وأيضا تحكم فى جـو الفرن [5] . وعادة ما يكون هذا النوع من الأفران مستطيل فى التخطيط ويكون الوقود فى أحد النهايتين [6] .

٤ – الأفران ذات السحب العلوي Updraft Kilns

وهـو نـوع بسـيط من الأفران حيث تكون الحجرات مغلقة كما أن الحرارة تتحرك أعلى وأسفل القطع وعندئذ تنفذ إلى الخارج وهذه الأفران عادة ما تكون أسطوانية ويتم التغذية بالوقود من خـلال فـتحة فـى الجانـب أو من خلال صندوق الحرق أسفل أو فى مقدمة (بيت النار) ،وتخرج الغازات والحرارة من قمة الفرن إما بالمدخنة أو من فتحة فى القمة مغطاة تغطية مؤقتة [7]

---

(5) Al . Hassan A. Y. & Hill D. R. ; Op. Cit P. 166 .
(1) Henderson J . ; Op Cit 141, 135 .
(2) Shepard A. O. ; Op Cit P . 158 .
(3) Henderson J . ; Op Cit 141, 135 .
(4) Hamer , F. ; Op Cit P. 103 .
(5) Henderson , J. ;Op Cit . 138 .
(6) Shepard , A.O; Op Cit . P . 159-160 .

وهـــى أكثر الأفران شيوعا ويتكون من حجرتين وعادة ما يكون تخطيطه دائرى وقد يكون سـطحه على شكل قبة ، الحجرة السفلى (بيت النار) تشمل الوقود والأخرى (غرفة الرص) يوضع فيها الفخار ، وقد يكون بها فتحة تعمل كمدخنة [1]. ومن عيوب هذا النوع من الأفران أن كمية من الحـــرارة تهرب دون استخدام من خلال قمة الفرن ، كذلك فإن هناك خطورة من الصدمة الحرارية للقطع [2] .

الوقود والفتائل Fuel and Wicks

كانــت الفــتائل المستخدمة تصنع من الكتان أو نبات الخروع أو من الألياف النباتية حيث كانت تقوم بامتصاص الزيت من المسرجة بالخاصية الشعرية .

أمـــا الــزيوت المســتخدمة فى الإضاءة فإن زيت الزيتون هو الوقود الأساسي منذ العصر اليوناني الروماني [3]. وكان المصريون يستخرجون زيت الزيتون من زراعات الفيوم والإسكندرية كما أن زراعة الكتان كانت منتشرة فى أماكن شتى بمصر [4] .

---

(1) Henderson , J. ;Op. Cit . 138 .
(2) Shepard , A.O. ;Op. Cit . P . 159 .
(3) Bailey , D . M. ;Op. Cit P . 10 .

(٤) الســيد طه أبو سديرة : الحرف والصناعات فى مصر الإسلامية : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة سنة ١٩٩١س ص ٣٢٦ .

الفصل الثانى

خصائص الخزف

خصائص الخزف

تعـد دراسة الخواص المختلفة للخزف الآثرى من الدراسات المهمة والتى تحتاج إلى المزيد مـن الاهـتمام حيث أن معظم الدراسات تنصب وتهتم فقط بالخامات ونواحى التقنية فقط، لذلك كان من الضرورى إلقاء المزيد من الضوء على هذه الخواص .

وتـرجع ندرة الدراسات فى مجال خواص الخزف الأثرى إلى صعوبة تطبيق وتحقيق هذه الخواص ، كذلك صعوبة الحصول على عينات بأحجام مناسبة وقياسية لتطبيق هذه الخواص عمليا، كذلك فإن تعقيد المواد التى يتكون منها الخزف تلعب دورا هاماً فى ندرة هذه الدراسات .

ويتـناول هـذا الفصل مناقشة خواص الخزف الأثرى لأهمية ذلك فى التعرف على أسباب تلـف أدوات الإضاءة موضوع الدراسة وعلاقة الخواص المختلفة بالوظيفة وكذلك دور المواد الخام التى صنعت منها أدوات الإضاءة ، كذلك فإن دراسة الخواص المختلفة لأدوات الإضاءة سوف يفيد أيضا عند القيام بعمليات العلاج المختلفة خاصة عند التقوية والاستكمال .

وعـند دراسة خواص الخزف الأثرى نجد أنه من الصعب فصل هذه الخواص عن بعضها الـبعض لأن كل خاصية مرتبطة بالخواص الأخرى ، وبالتالى فإنه من الصعب وضع تقسيم محدد للفصـل بـين هـذه الخـواص لذلك فإن هذا الفصل يدرس كل خاصية منفردة مع توضيح علاقتها بالخصائص الأخرى وفيما يلى أهم هذه الخصائص:

١ – المسامية Porosity

يمكـن تعريف المسامية بأنها نسبة حجم المسام الفارغة إلى الحجم الكلى للقطعة [1]. وتعد المسـامية أحد الخواص الهامة والأساسية للخزف وترتبط المسامية بكل من الكثافة والقوة والنفاذية ومقاومة التجوية والتآكل وكذلك تزهر الأملاح بالإضافة إلى مقاومة الصدمة الحرارية [2] . وحيث أن الخـزف يتكون من أكثر من مادة من حبيبات فردية ومادة زجاجية في بعض الأحيان فإن هناك تغيـر فـى العلاقـة بين هذه المكونات نتيجة التغيرات فى الحالة الكيميائية والفيزيائية للخزف عند الحرق والتبريد [3] .

وتخـتلف الطفلات فى نسبة المسامية التى تبقى عليها بعد الحرق ، فالطفلات الحرارية مثل الكاوليـين والطفـلات المحتوية على نسبة مرتفعة من السليكا ونسبة منخفضة من المواد المصهرة

(1) Shepard, A . ,Ceramics for Archaeologist , Washingten , U.S.A 1985 , P . 125 .
(2) Shepard, A . ,Op. Cit P . 126 .
(3) Maggetti, M., Phase analysis and its significance for technology and origin, in Archaeological Ceramics by Olin ,J .S. and Franklin ,A.D Smithsonian Institution press, washing ton D. C, 1982 .PP. 121-134 .

تبقــى مــرتفعة المسامية بعد الحرق ، فقد تصل المسامية في مثل هذه الطفلات إلي٤٥-٥٠% عند حــرقها عــند ٩٤٥ مº وتنخفض مساميتها إلى ٣٠-٤٠% عند حرقها فى درجة حرارة ١٣٠٠مº بيــنما هــناك بعــض الطفلات التى يحدث فيها تزجج Vitrification عند درجة حرارة منخفضة ويكــون هذا التزجج كاف لتقليل المسامية التى تكون ٢٠-٤٠% عند درجة ٩٤٥مº . وتنخفض الي ١-٥% عــند درجة ١٢٠٠مº [1] وتزداد المسامية فى المراحل الأولى من الحرق حتى تصل إلى أقصــى قــيمة لهــا ٣٠% عــند درجــة ٨٠٠مº وذلك نتيجة حرق المواد العضوية وكذلك المواد الكــربوناتية وعــند درجة الحرارة الأعلى من ٨٠٠مº فإن المسامية تقل إلى حوالى ٥% حيث تبدأ الكتلة فى الانكماش ويحدث لها تزجج وبالتالى فإن العديد من المسام المفتوحة تغلق [2] .

ومـمــا لا شــك فــيه أن نقطــة التزجج للطفلة ودرجة حرارة الحرق هى المحدد الأساسى للمســامية وكــذلك فإن للضغط المستخدم أثناء التشكيل تأثير على المسامية حيث أن الضغط يقلل المســامية وذلــك بضغط الجزئيات معا [3] . وكذلك يجب الإشارة إلى شئ مهم وهو أن الخزف لا يحترق بدرجة متساوية فقد تتعرض قمة أو قاعدة القطعة لحرارة أعلى أو أقل وبالتالى فإن المسامية تكون غير متساوية[4].

ويوجد نوعين من المسامية هي المسامية الحقيقية و المسامية الظاهرية

١ - المسامية الحقيقية True Porosity

وتسمى أيضا المسامية الكلية total Porosity وهى تشمل المسام المفتوحة بالإضافة إلى الفراغات أو المسام المغلقة .

٢ - المسامية الظاهرية Apparent Porosity

وتشمل فقط المسام المفتوحة المتصلة بالسطح وتستثنى منها المسام المغلقة والمسام الدقيقة وترتبط المسامية الظاهرية بالامتصاص .

وهناك عدة عوامل تؤثر فى المسامية فقد أشار Rice [5] (١٩٨٧) إلى هذه العوامل حيث ذكــر أن حجم وشكل المسام يتأثر بحجم وشكل جزئيات البدن الطفلى وكذلك ترتيب هذه الجزئيات ، فالمســام المفــتوحة قــد تــتكون نتيجة ترتيب الحبيبات الفردية فى البدن أو نتيجة خروج الماء أو الغــازات أثــناء الحــرق . والمســام عادة تكون غير منتظمة الشكل فمثلا نجد أن المسام الدائرية

(1) Shepard , A . , Op. Cit P. 126 .
(2) EL Sheltawy , H.M. , Archacological Geology of ancient ceramic MSC thesis Geology dept. Faculty of science , Cairo university, Cairo , Egypt , 1994 , P.42 .
(3) Shepard ,A. , Op Cit P . 126 .
(4) Fraser , H . , Ceramic Faults and their remedies , London , 1998 , P . 55 .
(5) Rice , P . M . , Pottery Analysis , University of Chicago press ,U.S.A, 1987 , P. 530 .

المنعــزلة توجد فى المنتجات دقيقة الحبيبات مرتفعة الحرق ، كما ان مسامية القطعة تتأثر بمسامية المشــتملات أو المــواد المضافة إلى جانب تأثير ظروف الدفن burial للقطع لمئات السنين حيث يترسب فيها بعض المواد أو تتبلور الأملاح فى مسام القطع مما يؤدى إلى تقليل المسامية .

أمــا Grimshaw [1] (١٩٧١) فقــد أشار إلى صعوبة عمل كتلة خالية من الفراغات أو المســام ومــن هذه العوامل التي تؤثر في المسامية شكل الجزئيات shape of particles وكذلك حجــم الجــزئيات size of particles ورتــبة الجزئيات grading of particles وكذلك طبيعة المــواد التــى تكــون الخلــيط nature of materials comprising mixture وبالإضــافة الي المعالجات التى تمت أثناء الصناعة بالإضافة إلى الموقع النسبى للجزئيات .

هــذا إلى جانب أن هناك مواد تزيد المسامية وذلك عندما يحتوى البدن على مواد متطايرة تتبخر وتتحلل مثل الكربونات والمواد العضوية .

وهــناك أيضــا مواد تقلل المسامية وهى المواد المصهرة fluxes التى تتحد مع المكونات لــتكون ســائل يمــلأ المســام كــذلك فــإن التلبــيد sintering يقلل المسامية. وقد اتفق كل من Grimshaw [2] (١٩٧١) و Rice [3] (١٩٨٧) على تقسيم المسام إلى أنواع مختلفة :

١ – مسام مغلقة أو معزولة Closed or Sealed Pores

وهــذا الــنوع قــد يوجد بصورة طبيعية فى البدن دون أى اتصال خارجى أو قد تنتج أثناء التســخين حــيث أن المســام المفــتوحة تصبح معزولة من خلال الانكماش والتزجج والنوع الأول يحتوى علي هواء أو ماء أو ثانى أكسيد الكربون CO_2 أو ثالث أكسيد الكبريت SO_3 .

٢ – مسام فى شكل قنوات Channel pores

وهى التى توصل الفراغات ببعضها أو الفراغات بالسطح وهى توجد فى شكلين أحدهما رأسي والأخر أفقى وهذا الشكل من المسام يكون عبارة عن مجموعة مسام تتصل ببعضها لتكون طريق مرور خلال البدن .

٣ – مسام بلا منفذ Blind-alley pores

ومنها المستقيم upright ونوع مقلوب أو معكوس inverted وهناك النوع الأفقى أيضا.

---

(1) Grimshaw, R .W. , The chemistry and physics of clays and other Ceramic materials 4th (ed.). New York , John Wiley , 1971 P . 419 .
(2) Grimshaw ,R. W. , Op cit P. 417 .
(3) Rice , P.M., Op Cit p. 350 .

٤ – مسام عقدية Loop Pores

وهى إما أن تكون مستقيمة أو مقلوبة أو أفقية .

٥ – مسام جيبيه Pocket Pores

وهذه المسام كبيرة مع رقبة صغيرة وقد تكون هذه الرقبة ضيقة جدا لدرجة أنها تكاد تغلق المسام .

٦ – المسام الدقيقة Micro Pores

وهذه المسام صغيرة جدا لدرجة أنها لا تحتوى سائل تحت ظروف الضغط العادى وكذلك عند الغمر فى الماء . ويوضح الشكل رقم (6) أنواع المسام التي سبق الاشاره اليها.

علاقة المسامية بالخصائص الأخرى

لقد ذكر Rice [1] (٢٠٠٢)أن هناك عدة صفات تنخفض بصفة عامة وذلك بزيادة المسامية ويحـدث هذا مع معظم الخصائص الميكانيكية مثل القوة والكسر ومقاومة التآكل وكذلك الخصائص الحـرارية . بالإضافة إلى عدة عوامل أخرى مثل عدم التجانس فى النسيج وكذلك خصائص الخليط المكون للبدن وكذلك حجم المسام .

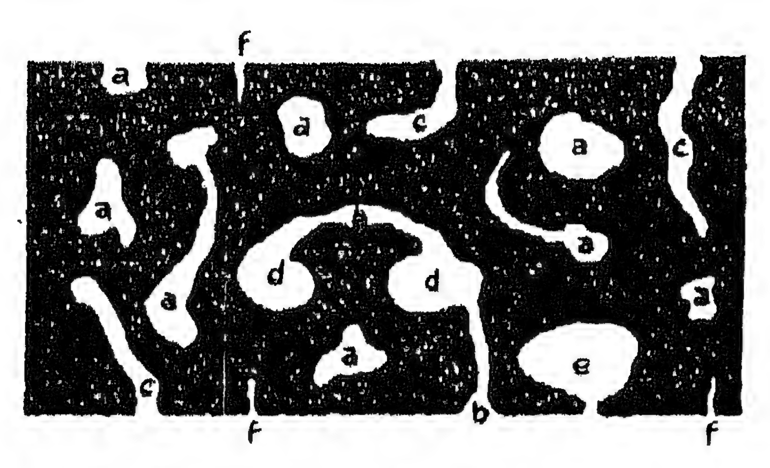
وبالنسـبة لعلاقة المسامية بالقوة فإنRice 1998 [2] ذكر أن القوة تنخفض مع زيادة حجم الحبيـبات . وعلاقة المسام أو المسام المتجمعة سبب هام لحدوث الشروخ وكذلك هناك تأثيـر لعدم تجانس المسامية و يوضح الشكل رقم (٧) العلاقة بين المسامية والقوة.

وبالنسـبة لأدوات الإضاءة موضوع الدراسة فيكون هناك أهمية لدراسة الخواص الحرارية والصـدمة الحـرارية . فنجد أنه عند زيادة المسامية تزداد مقاومة الخزف للصدمة الحرارية وهذا بسـبب أن الحبيـبات فى الكتلة المسامية بها مزيد من حرية الحركة أكثر من الكتلة الكثيفة . وهذا نلاحظـه فـى معظم أدوات الإضاءة التى تتميز بارتفاع مساميتها وذلك لتناسب وظيفتها التى تتميز بارتفاع درجة الحرارة .

---

(1) Rice ,R.W : Fabrication of ceramics with designed porosity ; in 26 th Annual conference on composites , Advanced ceramics , Materials and structures edited by Lin, H & Sing , M : Florida, 2002 ,P . 150 .

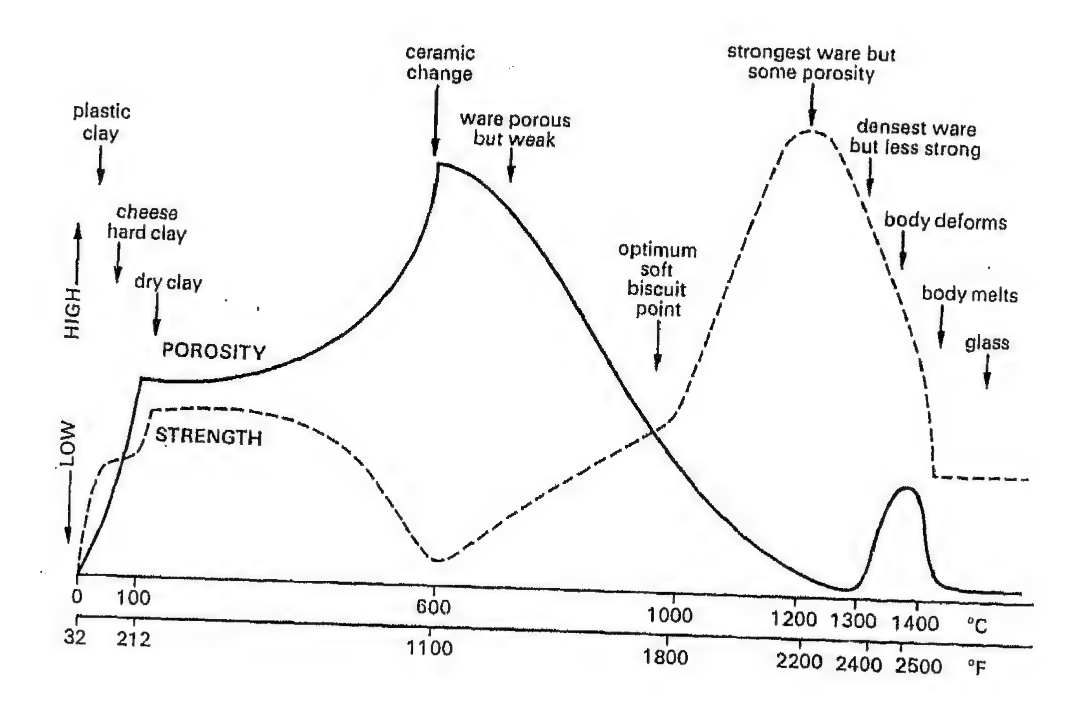
(2) Rice , R. W . , Porosity of ceramics , New york , 1998 p . 224 .



a-closed pores b-channel pores c-blind -alley
d-loop pores e-pocket pores f-micropores

شكل رقم (٦) يوضح أنواع المسام المختلفة

(Grim Shaw,R.1971,p.745.)



شكل رقم (٧) يوضح العلاقة بين المسامية والقوة نتيجة عملية الحرق

(Hamer ,F .1986,p.231)

كـــذلك فـــإن الضـــغوط الناتجة من التغيرات الحرارية المفاجئة فى درجة الحرارة تقل عندما يكون هناك هواء ، والأوانى ذات الطفلة المسامية تقاوم التغيرات المفاجئة فى الحرارة التى قد تهشم القطع الكثيفة [1] .

هــذا بالإضـــافة إلى الدور الهام الذي تلعبه المسامية فى النفاذية permeability . وترجع الــنفاذية إلـــى تغلغل الرطوبة إلى جدران الأوانى من خلال المسام المفتوحة إلى السطح الداخلي أو الخارجـــي . وذلك إما من محتوى الإناء أو من مصدر خارجي ، ولكن النفاذية تقل وذلك بتعديل أو معالجـــة السطح الداخلي أو السطح الخارجي أو كلاهما وبالتالي يقل التغلغل . ومن هذه المعالجات التي تقلل النفاذية التزجيج والبطانة [2] .

لـــذلك فإن النفاذية تتصل بالمسامية فهى المعدل الذى يمر به السائل أو الهواء خلال الخزف مـــن سطح إلى آخر ، وتعتمد النفاذية على نوع وحجم وعدد وتوزيع المسام وكذلك وجود الشروخ والاختلاف فى الضغط والحرارة عند كل سطح . ولكن لا يوجد تأثير للمسام المغلقة فى النفاذية [3]

وتقاس النفاذية من المعادلة التالية :

$$\text{النفاذية} = \frac{\text{حجم الهواء أو الماء الذى يمر} \times \text{سمك العينة}}{\text{حجم قطاع العينة} \times \text{الضغط} \times \text{الوقت}}$$

وتعـــتمد الـــنفاذية أيضا على سمك العينة و علي وجود أو غياب الشروخ وكذلك وجود أو غـــياب التـــزجيج والاخـــتلاف فـــي الضغط والاختلاف فى درجة الحرارة بين الجوانب المختلفة بالإضافة إلى استمرار الاختيار [4] .

ولـــتحديد المســـامية الظاهرية يتم قياسها عادة بالغمر فى سائل حيث تجفف العينة فى فرن حتـــى ١٠٥-١١٠م° ويتم وزنها ، وبعد ذلك تغمر العينة فى سائل "ماء" حتى يحدث التشبع ويتم وزنهـــا ، ثم يتم وزن العينة وهى مشبعة ومغمورة فى الماء وهى معلقة ايضاً. ويتم قياس المسامية الظاهرية من العلاقة الآتية [5].

$$\text{المسامية الظاهرية} = \frac{\text{الوزن يعد الغمر} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن يعد الغمر} - \text{الوزن فى الماء}} \times ١٠٠$$

---

(1) Shepard , A, Op. Cit , P . 126 .
(2) Rice , P . M., Op. Cit p. 230 .
(3) Ibid 350 .
(4) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 435 .
(5) Rice , P . M ., Op. Cit P. 352 .

٢ – القـوة Strength

هـى القـدرة على مقاومة الضغوط المختلفة بدون تشويه أو كسر أو تشرخ أو تآكل. وقوة البدن تعتمد على عدة خصائص وعوامل منها تركيبه وخصائصه الفيزيائية وطريقة التشكيل وكذلك ظـروف الجفاف والحرق والظروف الحرارية عند الاستخدام [1] . كذلك فإن القوة تعبر عن قدرة القطعـة على مقاومة الكسر عند تعرضها للاستخدام أو الضغط والتصادم وهى أحد خواص الخزف الهامة [2] .

والقـوة مـن أكثـر الخواص تعقيدا وذلك مقارنة بالخواص المتصلة بها فهذه الصفة تتصل بـدوام الخزف ومقاومته للكسر ومن الأشياء الهامة فى قوة الخزف النسيج والتركيب الدقيق شاملا المسـامية ، والخزف القوى هو ذلك الذى يحتوى على معدلات مختلفة من الحجم وذات زوايا حادة الشـكل . وذلك بالرغم من أنه لا توجد كمية خاصة من المحتويات يمكن من خلالها الحصول على أكبـر قوة ، حيث أن ذلك يختلف من بدن لآخر فقد وجد أن النسبة المثلى لتقوية الطفلة هى إضافة ٢٥% مـن الكوارتـز إلى الطفلة ، كذلك فإن الحبيبات الدقيقة جدا فى البدن تحسين وتزيد من قوة القطع مرتفعة الحرق وذلك لأنه يحدث تلبيد Sintering وذلك اكثر من الحبيبات الأكثر خشونة [3]
وهناك عدة اختبارات يمكن من خلالها قياس القوة وتظهر في الشكل رقم (٨) وهى :-

١ – قوة الشد Tensile stress

وهى تنتج عند تطبيق القوة على العينة ويمكن حساب قوة الشد من خلال كمية القوة التى تطبق على العينة وتقسمها ويحدث عندها تشرخ . وتعتمد قوة الشد على شكل وحجم العينة ، والخزف يكون أضعف تحت تأثير الشد من تأثره بباقى العوامل والقوى الأخرى ، وقوة الشد خاصية هامة للغاية لأنها تمنع التزجيج من التشرخ Crazing.

٢ – قوة القص Shear Stress

ويحـدث اختـبار قوة القص عندما ينزلق جزء من البدن فوق جزء أخر من البدن "انزلاق نسبى" . وتنتج ضغوط القص من تطبيق قوتين فى اتجاهين متعاكسين .

---

(1) Rice , P . M . : Op. Cit P . 357 .
(2) Sinopoli , C. M.: Approaches to Archaeological Ceramic , Plenum press , New York, 1991, P. 13 .
(3) Rice , P . M . : Op. Cit P . 140 .

٣ – قوة الضغط والتحمل Compressive Strength

وهـذا الاختبار يتم بتطبيق حمل أو ثقل على العينة . كذلك فإن الترجيج يتعرض لمثل هذا الضـغط مـن الـبدن الموجود أسفله وذلك عندما يحدث انكماش عند التبريد وقوة تحمل العينة لهذا الاختيار أربعة أضعاف تحمل العينة لاختيار الشد [1].

وتـتوقف هـذه الخاصـية المهمة على نوع المادة الخام والتركيب المعدني للمادة واللدونة وجودة عملـية التجفـيف ودرجة حرارة الفرن ومعدل رفع درجات الحرارة وكذلك تعتمد على كمية المواد المنصهرة Fused Materials والتي تعمل على ربط حبيبات الطفلة المحروقة معا[2]

٤ – قوة المرونة Transverse or flexural Stress

ويتم هذا الاختبار بوضع مصدر قوة فوق عينة مسطحة ، وينتج عن هذا الضغط التواء ويتم تدعيم العينة من خلال نقطة أو نقطتين أسفل العينة .

٥ – قوة الدوران Torosional Stress

ويـتم هـذا الاختبار بتعريض طرفى العينة فى اتجاهين مختلفين ويحدث فى نهاية الاختيار كسر يكون على شكل حرف S [3] .

٦ – مقاومة التضاغط Impact resistance

هـى قـدرة القطعة على مقاومة الضغط الواقع عليها بدون أن يحدث لها كسر، وتتأثر هذه الخاصـية بالشكل ووجود تقوس أو انحناء فى الجدران وكذلك سمك الجدران ووزن القطعة والمواد المكـونة لهـا ونوع الضغط ، وقد وجد أن إضافة المواد العضوية تعمل على تقليل مقاومة العينات لاختـبار التضاغط ، كذلك وجد أن إضافة كربونات الكالسيوم إلى الطفلة يكون مناسب للقطع التى تتعرض للنقل [4] .

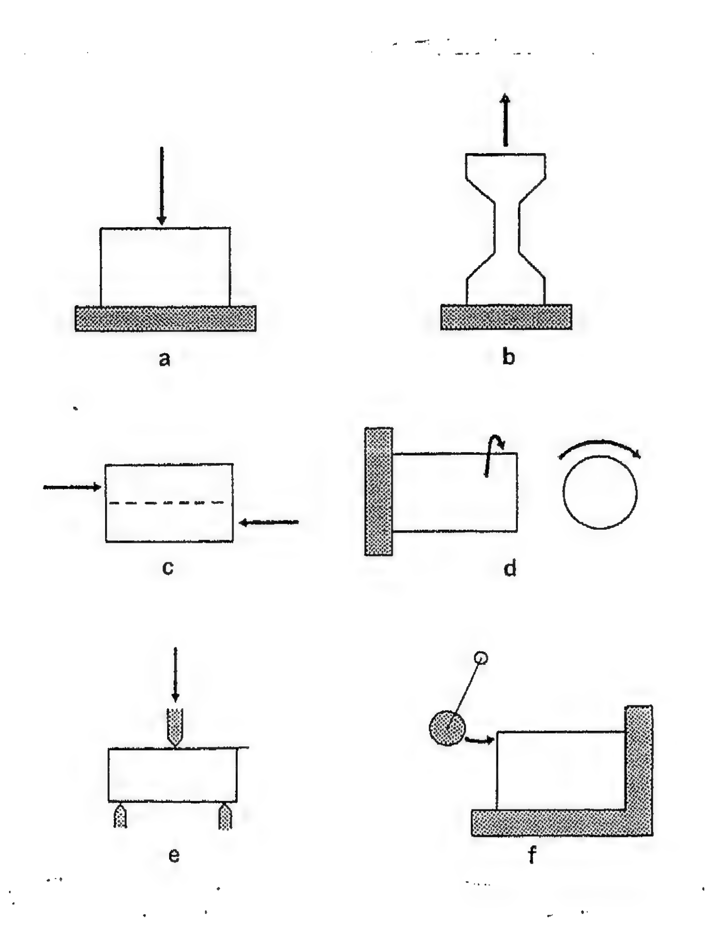
---

(1) Rice , P . M . : O P Cit P . 358 .

(٢) أحمـد صلاح محمد عطية : دراسة علاج وصيانة المنشآت الأثرية المشيدة بالطوب الأحمر تطبيقا على أحدى المنشآت الأثرية الرومانية بمنطقة تل الفرما بشمال سيناء . رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٢ ، ص ١١٧ .

(3) Rice , P . M . O P Cit P. 360 .

(4) Friedman , R . F . : Predynastic Settlement Ceramics of upper Egypt , Unversity of California at Berkeley , USA , 1994 , P . 256 .



a- Compression b- Tension c- Shear

d- Torsion e- Transverse f- Impact .

شكل رقم (٨) يوضح الاختبارات المختلفة التي يمكن تطبيقها على عينات الخزف

(Rice,P.1987,P.359)

وتعتبر القوة خاصية معقدة وذلك لأنها تتأثر بظروف وعوامل عديدة منها المواد الخام التى صنعت منها القطعة وحجم حبيباتها وكذلك طريقة التشكيل والجفاف والحرق وجو الحرق ، فالقوة تتأثر وتؤثر فى باقى خواص الخزف المختلفة وذلك تبعا لبعض العوامل مثل :-

١ - التركيب الكيميائى أو المعدنى Chemical or Mineralogical composition

مما لاشك فيه أن التركيب المعدنى يلعب دورا هاما فى قوة الخزف ، فعلى سبيل المثال يعمل المونتيموريلونيت على زيادة قوة تماسك وترابط البدن الخزفى [1] أما المواد المعدلة Temper materials فإنـــه كلمـــا زادت كميتها ادى ذلك إلى ضعف البدن، ويتوقف ذلك على حجم و طبيعة ســطح هــذه الحبيــبات . فالحبيــبات ذات السطح الخشن تكون أفضل فى الارتباط مع الطفلة من الحبيــبات الــناعمة السطح [2] . ولاستخدام المحار دورا هاما فى وقف الشروخ فى البدن حيث أن المحـــار يتميز بشكل الألواح وذلك مقارنة بالكوارتز ، أما مسحوق الفخار Grog فيزيد من مقاومة الصدمة الحرارية أما البدن المحتوى على مسحوق الحجر الجيرى فيتميز بانخفاض التمدد الحرارى مما يقلل أيضا من الضغوط الناتجة أثناء الصدمة الحرارية [3] .

٢ - الخواص الفيزيائية لمواد الخزف Physical properties of Materials

ولهذه الخواص تأثير هام على القوة ومن هذه الخواص :-

أ - الحجم والشكل Size and Shape

تــتوقف قوة القطعة الخزفية على قوة المواد التى صنعت منها القطعة . ويلعب شكل القطعة أيضـــا دورا هامـــا فى قوتها ولا يمكن إغفال الدورالذي تلعبه طريقة الصناعة اووجود أحمال عند الاستخدام [4] فالقطع التى تتميز بوجود أركان واختلاف فى سمك جدارنها تكون أكثر ضعفا .

ب - نسيج المادة Texture of material

يــرتبط النســيج الداخلى للبدن الخزفى بكل من شكل وحجم الحبيبات المكونة للبدن وكذلك حجـــم وتوزيـــع المسام بين هذه الحبيبات . وتزداد قوة البدن باستخدام حبيبات غير منتظمة وحادة الـــزوايا وذات أحجـــام مخـــتلفة أما الحبيبات الكروية" الدائرية " فتعطى بدنا ضعيفا . وبصفة عامة

---

(1) Grimshaw , R . W . : Op. Cit P . 871 .
(2) Shepard , A : Op. Cit P . 131 .
(3) Tite , M . S. & Kilikoglau, V. and Vekinis , G. : Strengh , roughness and thermal shock Resistance of ancient ceramics , and their infulence on technological choice, Archaeometry 43, (3) 2001, P.317 .
(4) Tite , M .S. et al : Op. Cit., P . 303 .

تــزداد قــوة الــبدن الخزفى كلما كانت الحبيبات صغيرة [1] وذلك لأن الحبيبات الدقيقة للطفلة هى الأكثر استعدادا لأن تلين وتلتصق بالحبيبات الأخرى المحيطة بها عند الحرق [2] .

ج – المسامية Porosity

تتأثــر قوة البدن بكل من حجم وترتيب المسام حيث أن البدن مرتفع المسامية يكون ضعيفا أما إذا كانت المسام قليلة جدا فإن تأثيرها على القوة لا يمكن ملاحظته .

٣ – طــريقة تحضــير المــواد الخام Mode of preparation of the Materials

لطــريقة التحضير تأثير هام حيث أن الطحن يحدد حجم وشكل الجزئيات المختلفة وبالتالى يؤثــر مباشــرة فــى قوة القطعة . كذلك فإن نسب المواد المضافة لها تأثير على قوة المنتج وكذلك طريقة الخلط حيث أن الخلط قد يكون غير مكتمل [3] .

٤ – طريقة التشكيل Mode of Manufacture

إن طــريقة التشــكيل باليد تعطى قطع أقل قوة كذلك فإن تطبيق ضغط غير متجانس على القطع المختلفة يؤثر فى قوة المنتج .

٥ – ظروف التجفيف Conditions of drying

تجنبا لحدوث مشاكل فى القطعة فيجب أن يتم الجفاف تحت ظروف تسمح بخروج الماء بمعدل متجانس للقطعة ككل وبدون وجود أجزاء كثيفة لا تسمح بنفاذ الماء وبالنسبة للقطع المحتوية على مواد لدنة كثيرة مثل الطفلة فتزداد قوتها وصلابتها وذلك عند تجفيفها تحت ظروف مناسبة .

٦ – الحــرق Firing

وتــرتبط القــوة بعملية الحرق ارتباطا وثيقا . حيث تتوقف القوة على طبيعة وكمية المواد الــرابطة الــناتجة عن الحرق وأيضا الجزيئات التى ارتبطت بعد الحرق كما أنه يحدث تقوية جيدة نتــيجة الانكمــاش للجــزيئات بعــد الحرق[4] . هذا بالإضافة إلى أن جو الحرق لابد أن يؤخذ فى الاعتــبار وذلــك لأن الاختزال يؤثر فى بعض المواد المصهرة التى تزيد من التزجج حيث يختزل أكســيد الحديــد إلــى أكسيد الحديديك[5] . وذلك لأن الحرق يعدل خواص القطع التى تحرق عند درجــات حرارة مرتفعة إذا أخذت فترة من الجو المختزل أثناء الحرق تكون أكثر صلابية [6]. كما

---

(1) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 872 .
(2) Shepard , A : Op. Cit ., P.130 .
(3) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 876 .
(4) Grimshaw , R. W : Op. Cit P . 878 .
(5) Shepard , A . : Op. Cit P . 133 .
(1) Rice . P . M . : Op. Cit P . 228 .

أن التـــزجج أو تكـــون الطور الزجاجى يزيد قوة القطعة حيث أن هذا الطور الزجاجى يكون أكثر مـــرونة ويحـــتمل التشـــوه أو الضغوط دون كسر أكثر من المواد المتبلورة [1] . ويرتبط المحتوى الزجاجـــى بعـــوامل الصهر والسليكا الحرة أثناء الحرق فعندما تكون جزئيات المادة المالئة صغيرة فسوف يزيد ذلك من قوة القطعة[2].

٧ – إعادة التغير فى درجة الحرارة

إن التغيـــر فى درجة الحرارة خاصة فى الحراريات يقلل تدريجيا قوة القطعة وذلك اعتمادا علـــى معامـــل التمدد والانكماش للمواد وكذلك التغيرات الكيميائية والفيزيائية التى تتغير أو تحدث أثـــناء إعـــادة التسخين والتبريد . فالماغنسيوم والكوارتز كلاهما حساس جدا للتغيرات المفاجئة فى درجة الحرارة مما يؤدى إلى ضعف القطعة .

كمـــا أن درجـــة الحرارة نتيجة الاستخدام لها تأثير على القوة حيث أن المواد عند درجات الحرارة المرتفعة تكون أقل قوة وذلك لأن الروابط تلين وقد تنصهر وبالتالى تقل القوة [3] .

٣ – اللـــون Color

يعـــد لـــون الـــبدن الخزفى أحد الخواص الهامة التى تنتج نتيجة اتحاد عوامل مختلفة منها تـــركيب الطفلـــة ودرجـــة الحرق وظروفه . وقد أوردتShepard 1985 [4] أسباب لون الخزف وأرجعـــتها إلى أسباب أولية Primary causes وتتمثل فى مكونات الطفلة و درجة حرارة الحرق وكذلك مدة استمرار الحرق . وارجعت ذلك إلى وجود بعض الشوائب وعلى رأسها مركبات الحديد والمـــواد العضـــوية ، وهناك أيضا أسباب ثانوية Secondary causes وهى تنتج من الظروف بعـــد الحـــرق مثل امتصاص ألوان أو أثناء الاستخدام أو ترسب الكربون . ويتضح ذلك فى أدوات الإضاءة التى ترسب على سطحها الكربون بل أنه تداخل فى لب البدن وقد تترسب بعض المواد من التربة أو قد تزال مواد أخرى وذلك أثناء الدفن .

ومن أهم مصادر اللون فى الخزف المنتج وجود بعض مركبات الحديد فى الطفلة الخام.

أ– الحديـــد Iron

يتغيـــر لـــون الطفلة عند تسخينها إلى درجة حرارة كافية وهذا يعتمد عادة على المواد غير الطفلـــية وكـــذلك ظروف الحرق . حيث أن وجود أكسيد الحديد بصفة خاصة فى صورة حرة وفى

---

(2) Ibid P . 362 .
(3) Buys , S. & Oakley , V. ; The conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth, Heinemann ltd . Oxford , 1999 P . 19 .
(4) Grimshaw , R. W : Op. Cit., P. 882 .
(5) Shepard , A . : Op. Cit., P. 103 .

فـرن ذو جـو مؤكسد أو مختزل يحدد لون الطفلة وبالتالى فإن هذه الظروف تحدد إذا كان الحديد يـوجد فـى صـورة حرة أو مرتبط مع السيليكات أو فى طور زجاجى وعليه يختلف اللون اختلافا كبيـرا . فمثلا الهالوسيت والكاولينيت لا تحتوى على الحديد كمكون أساسى فى تركيبها لذلك يكون اللـون الـناتج هو الأبيض للمعدن النقى أو رمادى أما المعادن الأخرى فتحتوى على حديد وبالتالى فلا يوجد لون مميز يمكن الحصول عليه [1] .

والحديد فى الطفلة الخام يجعلها حمراء أو ذات لون أصفر أو بنى إذا كان الحديد مؤكسد أو فـى صورة حديديك مثل الهيماتيت والليمونيت والجيوثيت . أما إذا كان الحديد مختزل مثل الطفلات التى تكون مغمورة فى الماء فإنها تميل إلى اللون الرمادى أو الأسود [2] .

ويعتمد اللون النهائى للبدن المحروق على الحالة الكيميائية للحديد إذا كان مكتمل التأكسد أو حديـديك " هيماتـيت Fe_2O_3 " والذى يعطى لون أحمر أو أحمر مائل للبنى ، أما الحديد فى حالة الحديدوز مثل مركبات الكبريتيدات والكربونات والسيليكات أو وجود أكسيد الحديد المغناطيسى فإنه بالـرغم مـن أن وجود هذه المركبات يكون نادرا إلا أنها تعطى لونا رماديا أو يتدرج من الرمادى إلى البنى . وتكتمل أكسدة الحديد بعد احتراق المواد العضوية الموجودة بالطفلة . ويصل الحديد إلى أخـر مراحل الأكسدة بارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى ٩٠٠ – ٩٥٠م° . ويعتمد اللون الناتج على كمية مركبات الحديد الموجودة بالطفلة الخام فمثلا عند وجود مركبات الحديد بنسبة ١% فإنه يعطى لونا مائلا للأصفر وفى حالة زيادة نسبته لتصل إلى ١,٥ – ٣% فإنه يعطى لونا أحمرا .

وهـناك علاقـة بين حجم جزئيات الطفلة والحديد المرتبط بها فكلما كانت الطفلة دقيقة فإن السـطح يكـون أكبـر وبالتالـى يتطلب ذلك كمية أكبر من الحديد لتغطى هذا السطح . وقد تعمل مركبات الحديد كمواد مصهرة عند درجات الحرارة المرتفعة خاصة عندما تكون دقيقة الحبيبات أو عـندما تتعـرض لجو مختزل أو جو غير مكتمل الأكسدة . وفى هذه الحالات فإن اللون الأحمر قد يتغيـر إلى اللون بنى مائل للأسود حيث أن تكون أطوار زجاجية تمنع استمرار الأكسدة ، والألوان الحمراء الناتجة عن أكاسيد الحديد تكون غير ثابتة إذا حرقت فى درجة حرارة أعلى من ١٠٠٠م° .

إن الـتحول من Fe_2O_3 إلى FeO هو السبب فى وجود اللون الأبيض فى الخزف بارتفاع درجة الحرارة . كما أن ارتفاع نسبة الالومنيا Al_2O_3 تجعل اللون فاتحا كما أن اتحاد الالومنيا مع

(1) Grim, R., :Applied clay mineralogy, M.c Graw–Hill Book Company, London, 1962, P.122 .
(2) Rice , P. M . : Op. Cit P. 333.

Fe_2O_3 عـند درجــة ٧٠٠م° تعطى لون أحمر هذا بالإضافة إلى أن اللون الأصفر فى الكاولينيت المحترق يعزى إلى دخول الحديد إلى شبكة الموليت (1) Mullite .

بالإضــافة إلــى مــا سبق فإن وجود أو غياب الجو المؤكسد أثناء عملية أو مرحلة التبريد النهائــى هــام جــدا حيث يعتمد عليها حالة أكسدة الحديد فى الطبقات الخارجية ، وتزداد شدة لون الحديد وذلك عند وجود أكسيد التيتانيوم (2) .

ب- المــواد العضويــة Organic Materials

إن الــدور الذى يلعبه الحديد فى تحديد لون البدن يبدأ فى الظهور وذلك بعد أكسدة وخروج أى مادة عضوية ، فعندما تحتوى الطفلة على مادة عضوية وحرقت فإن الكربون يبدأ فى الاحتراق والأكسدة ويخرج الكربون من الداخل إلى سطح للطفلة تدريجيا ويتفكك ويحترق فى صورة CO_2 حيث تزال المادة العضوية الموجودة بالداخل تدريجيا وتستمر هذه العملية مع ارتفاع درجة الحرارة وفى الجو المؤكسد .

واعــتمادا على كمية المادة العضوية ودقة حبيبات الطفلة فإن سطح الطفلة قد يصبح أسود اللــون وذلك لأن الكربون يتحرك إلى السطح قبل الحرق الكامل ويحترق الكربون ببطء فى الطفلة الــناعمة أقــل مــن حرقه فى الطفلة الخشنة وذلك بسبب الحصار الذى تعمله فراغات المسام حيث الأكســدة وحــركة الجزيئات الموجودة . وقد يظهر اللب بلون رمادى ووجوده قد ينتج من كميات كبيــرة مــن المادة العضوية الأصلية الموجودة فى الطفلة الخام أو من ترسب المواد الكربونية أثناء الحرق أو نتيجة الاثنين معا .

إذا كــان اللــب الداخلى ذو لون قاتم فى المركز والأجزاء الأخرى من الجدار فى المقاطع الرقيقة أسفل السطح ذات لون أفتح فإن ذلك يعنى أن المادة العضوية التى كانت موجودة فى الطفلة الخــام لم يتم التخلص منها تماما عند الحرق . ومن ناحية أخرى فإن ظروف الحرق والاستمرارية فــى الحرق وجو الحرق لم تكن مناسبة لأكسدة أو لاحتراق الكربون من الطفلة ، وظروف الحرق ضــرورية لاحتــراق المادة العضوية وهذا يختلف من طفلة لأخرى . ويعتمد هذا على نعومة طفلة الــبدن ونوع معدن الطفلة الموجود فالطفلة الخشنة تفقد كميات صغيرة من المادة العضوية بسرعة نســبية عــند درجات الحرارة المنخفضة بينما فى طفلة المونتيموريللونيت دقيقة الحبيبات ويوجد به مواد عضوية بكميات كبيرة يبقى بها بعض الكربون فى اللب حتى بعد الحرق عند ٨٠٠م° .

---

(1) Rice , P . M . ; Op. Cit P . 335 .
(2) Salmang , H. & Francis , M. ; Ceramics , London Butter worth , 1961 , P . 137.

وفـــى الجو الكامل الأكسدة فإن المادة العضوية يمكن أن تحترق من الطفلة عند بداية درجة الحـــرارة المرتفعة وذلك بسبب أن هناك أكسجين حر سائد فى الجو ليتحد مع الكربون . وفى بعض الأحـــيان يكون هناك تذبذب فى الأكسدة والاختزال وبالتالى ينتج أجزاء ذات لون فاتح وأخرى ذات لون قاتم فى المقاطع الرقيقة Thin – section [1].

وبالإضـــافة إلى الحديد والمواد العضوية فهناك كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ الذى يساهم فى لـــون الطفلـــة المحروقة حيث يكون موجودا فى الطفلة وهذه التغيرات عادة ما تحدث عند درجات حـــرارة متوســـطة الارتفاع حوالى ٨٠٠م° أو أعلى حيث يتحلل ويعطى CaO الذى قد يتفاعل مع الطفلـــة لـــيكون ســـيليكات الكالسيوم " الولاستونيت " مع لون أصفر خفيف أو لون أبيض أما عند درجـــات الحـــرارة المـــرتفعة أعلى من ١٠٠٠ °م فإن الجير قد يتفاعل مع الحديد ليكون سيليكات الحديد والكالسيوم [2] .

وعـــند الحـــديث عن الوان البدن الخزف فإنه لابد من الإشارة إلى لون اللب core color وهـــو الجـــزء الداخلـــى ويكون أقل الأجزاء تعرضا لجو الفرن . فالقطعة التى تتميز بجزء داخلى رمادى أو أسود تحتوى على كربون ناتج من الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية فى البدن وعند احتـــراق هـــذا الكـــربون فإنـــه يأخـــذ الأكســـجين وقد يؤدى هذا إلى اختزال موضعى Local Reduction للنســـيج ويتـــرتب علـــيه وجـــود اللون الرمادى . وباستمرار الحرق فإن الأكسجين الموجود فى جو الفرن قد يؤكسد عند الجزء الداخلى مما يؤدى إلى تكون ألوان بنية وحمراء [3].

وفى بعض الكسر يظهر لون اللب القاتم ويستخدم ذلك كطريقة لدراسة سلوك ودرجة حرق الفخـــار المنخفضه . وهذا النوع من اللب يدل على أن الفخار لم يحرق عند درجة حرارة كافية مع الأخـــذ فى الاعتبار درجة الحرارة واستمرارها وقد يدل هذا على عدم استخدام الفرن [4] . ويعتمد لـــون الخـــزف بصفة أساسية على نوع الطفلة المستخدمة بالإضافة إلى ظروف الحرق كذلك هناك تأثيـــر بدرجـــة حـــرارة الحرق اعتمادا على كمية الهواء "الأكسجين" الذى يتغلغل إلى الفرن ويحدد اللون على الأسطح الداخلية والخارجية [5] .

---

(1) Rice , P .M. : Op. Cit P . 334 .
(2) Ibid : P . 336 .
(3) Orton , C. , Tyers , P., and Vince , A., : Pottery in Archaeology , Cambridge University, Press , 1993 , P . 68 .
(4) Matson , F . R : Op. Cit . ,P392.
(5) El- Sheltawy , H. M . : Op. Cit P . 39 .

وأشار Grimshaw 1971 [1] إلى تأثير المادة التى تدخل كعامل ملون وكذلك الكمية التى تـــوجد بها هذه المادة والحرق وظروفه بالإضافة إلى وجود شوائب أخرى فى البدن قد تعدل اللون وكذلك طبيعة المادة المصهرة ومدى التزجج.

وقد أشارت Shepard 1985 [2] إلى الاستنتاجات من اللون draw from color inferences وهذه الألوان والاستنتاجات من خلال مقاطع رقيقة .

- مقطع لجدار مكتمل الأكسدة Fully Oxidized

يكون اللون بسبب وجود أكسيد الحديديك ويختلف من حيث اللون والقيمة مع كمية وحجم حبيبات وتوزيع الأكسيد مع نسيج وتركيب الطفلة.

-ألوان فاتحة على السطح ورمادى فى الجدار الداخلى

Clear colors on surface , Gray in wall interior

يكـــون البدن غير مكتمل الأكسدة والاتحاد بين درجة الحرارة والوقت وتيار الهواء لم يكن كافيا لإتمام الأكسدة ومن المحتمل أن تكون الطفلة كربونية .

سطح ذو لون رمادى خفيف وجدار داخلى ذو لون رمادى قاتم

Light Surface , Dark gray wall interior

أكســـدة جزئية وظروف احتراق غير كافية لإتمام الأكسدة وبعض الكربون يحترق من منطقة الســـطح ولكـــن الجـــزء الداخلـــى غير محترق ومن المحتمل أن تكون الطفلة كربونية وبها أكسيد الحديد .

- لون بنى فاتح إلى القاتم Brown , Light to Dark

أكسدة كاملة أو غير كاملة حيث أن أكسيد الحديد يكون غير مكتمل التحول أو كامل التحول إلى أكسيد حديديك .

- لون رمادى فاتح متجانس Light gray uniform

ظروف غير مؤكسدة أو مختزلة والظروف يمكن تمييزها بإعادة الحرق وذلك لتحديد درجة حرق الطفلة .

- لون رمادى قاتم متجانس Dark gray uniform

يكون جو الحرق مختزل و البدن مرتفع فى نسبة المواد العضوية .

(1) Grimshaw , R . W. : Op. Cit P . 914 .
(2) Shepard , A . : Op. Cit P . 106 .

- الأسود Black

غالبا يكون الجو مختزل يكون السطح أسود والمركز ذو لون أوضح .

- لون رمادى باهت مائل للأبيض Pale gray to whitish

غير مكتمل الأكسدة والطفلة تكون ذات محتوى حديد منخفض

- لون أبيض White

طريقة الحرق لا يمكن تحديدها والطفلة خالية من الحديد [1] .

٤- الخواص الحرارية Thermal Properties

تعد من الخواص التى تميز أدوات الإضاءة وذلك نظرا لطبيعة استخدام أدوات الإضاءة ودورات التسخين والتبريد لخامات هذه الأدوات ويقع السلوك الحرارى للخزف تحت جزئين اولهما أثناء الحرق الأولى للطفلة وثانيهما أثناء استخدام القطعة المحروقة فى وجود حرارة .

ونجد أن الحرارة فى الحالتين تحدث تمدد وانكماش للأطوار المختلفة للخزف مما يؤدى إلى حـدوث ضغوط خاصة إذا كانت هذه الأطوار متجاورة وهذه التفاعلات التى تحدث تغيرات حرارية تكـون هامـة خاصـة بالنسـبة للقطـع التى يطبق عليها حرارة مثل أدوات الإضاءة ، وأحد هذه الـتفاعلات الحـرارية للخـزف هو الضغط الحرارى Thermal stress وهو ضغط يحدث بسبب تفـاعلات غير متساوية الحرارة تحدث للبدن ويزداد هذا الضغط الحرارى بزيادة الحرارة لمكونات الخزف ولمعالجة ذلك يتم تقليل سمك الجدران وتقليل المكونات الحرارية Refractory materials وبالتالـى تقـل الضـغوط ويمكن أيضا تقليل هذه الضغوط بالتعديل فى شكل القطع وذلك لاستبعاد الـزوايا ، هـذا بالإضافة إلى الدور الأساسى فى تقليل الضغوط الحرارية الذى يرجع إلى مكونات الخـزف وذلـك بصفة خاصة للمواد المعدلة Temper حيث أن بعض المواد تتميز بمعامل تمدد حـرارى منخفض أكثر من مواد أخرى ولحل مثل هذه المشاكل يجب استخدام إضافات تكون ذات معـاملات تمـدد تشـبه أو أقـل مـن معامل تمدد الطفلة ومن هذه المواد مسحوق الفخار Grog والكالسـيت Calcite والزركون Zircon والفلسبار Feldspar . وكذلك لتحسين مقاومة الضغط الحرارى يتم زيادة نسبة المسامية ، حيث أن المسام تسمح بمرونة البدن عند التمدد المفاجئ للمواد. فعـند إعـادة التسـخين والتبـريد للمواد المسامية تجعلها تفقد القوة تدريجيا وبالتالى تقاوم التشوة الحرارى [2] .

---

(1) Rice , P . M . : Op. Cit P . 363 .
(2) Ibid : P . 228 .

كــذلك فــإن الضـــغوط الحرارية ترجع إلى الشد الذى ينتج عن التغير فى درجة الحرارة ويرتبط هذا بمقاومة البدن للصدمة الحرارية وسيتم توضيحه فيما بعد [1] .

وقــبل الحــديث عــن العوامل المؤثرة فى الخواص الحرارية وكذلك العلاقة بين الخواص الحــرارية وباقى الخواص فإن هناك ثلاثة مصطلحات يجب إلقاء الضوء عليها وهذه المصطلحات أو الخواص تفسر الخواص الحرارية وهى :

أ – التمدد الحرارى Thermal expansion

والــتمدد الحــرارى مصــطلح يســتخدم لوصف التغير فى الأبعاد التى تحدث بارتفاع أو انخفــاض درجة الحرارة ويتوقف التمدد الحرارى على قوة الروابط بين الذرات وترتيب الذرات فى المادة [2] .

كما أن التغيرات فى الأبعاد والتى تحدث باختلاف أو تغير درجة الحرارة ذات أهمية كبيرة خاصــة عندما يكون مطلوب خزف مقاوم للصدمة الحرارية مثل أدوات الإضاءة حيث يجب أن يقل معامــل الــتمدد الحــرارى كلما كان ذلك ممكنا وذلك لتقليل الضغوط الناتجة من الحرارة . ويتميز الخزف بأنه يحتوى على مواد ذات معامل تمدد حرارى منخفض ومواد أخرى مرتفعة معامل التمدد الحــرارى بالإضــافة إلــى ذلــك فــإن الأطوار السائدة لها علاقة بالتمدد الحرارى حيث نجد أن الكريســتوباليت Cristobalite SiO_2 الذى يوجد فى مدى حرارى ٢٠٠ – ٢٥٠م° يكون مصاحباً بــزيادة فــى الحجــم قــدرها ٥% بينما فى حالة الكوارتز Quartz SiO_2 الذى يوجد بالقرب من ٥٧٣م° فإنه يصاحب بزيادة فى الحجم قدرها ٢% فقط [3] .

كــذلك فإنه اختلاف الشكل البلورى له تأثير على التمدد الحرارى فالبلورات المكعبة يحدث لهــا الــتمدد علــى مختلف المحاور ويكون متساوى أما البلورات غير متساوية الأطوال فإن التمدد الحرارى لها يختلف [4] .

ويــرتبط الــتمدد الحــرارى بشيء هام جدا هو معامل التمدد الحرارى Coefficient of thermal expansion وهــو قــد يكــون خطيا أو حجميا وهو يعبر عن قياس الزيادة المصاحبة للتســخين و يعبــرعن كمية التغير بالوحدة لكل درجة سيليزية . فالمواد عندما تطبق عليها الحرارة فإنــه يحدث حركة الأيونات والذرات مما يؤدى إلى تمدد الشبكة البلورية فمعامل التمدد الحرارى يتأثــر بدرجة الحرارة ونجد أن التمدد الحرارى فى بعض المعادن استرجاعى حيث يحدث انكماش

(1) Ibid : P . 104 .
(2) Richardson, D. W.: Modern Ceramic Engineering, Marcel Dakker, U.S.A, 1992,P. 149.
(3) McMillan, P.W.,: Glass–Ceramic, second edition Academic press, London, 1964, P.180.
(4) Kingery, W.D. , : Introduction to Ceramics John Wiley & Son, USA , 1960 , P . 469 .

عند التبريد [1] . وحيث أن الضغوط الحرارية ترتبط بطريقة مباشرة بالتمدد الحرارى فيبقى معامل الـــتمدد ثابـــت نســـبيا عند معدلات درجات الحرارة المختلفة وذلك فى البدن المتجانس إذا لم تحدث تغيـــرات طـــورية أو مغناطيسية كما فى السليكا والزركون، ويختلف معامل التمدد باختلاف المواد وبـــذلك يكـــون العامل الرئيسى المؤثر فى الضغوط الحرارية[2]. ويجب معرفة معامل التمدد وذلك عند تكوين التزجيج بصفة خاصة ليناسب البدن المطبق عليه [3] .

ب – التوصيل الحرارى Thermal Conduction

ويـــرجع ذلـــك إلـــى معدل أو سهولة مرور الحرارة خلال المادة تحت درجة حرارة معينة وانـــتقال الحـــرارة يكـــون فى ثلاثة أبعاد ويتدخل فى ذلك كل من اتصال الحبيبات والمسام وكذلك التغيـــر فى التركيب، وحيث أن الخزف عديد الأطوار ومتبلور ومسامى فإنه يعتبر موصل ضعيف وتنـــتقل الحرارة خلاله ببطء وهذا يعنى المقاومة المرتفعة للحرارة [4]. ويرتبط انتقال الحرارة من خلال السطح بالمعدل الذى تنتقل به الحرارة أو تقطع به الحرارة الحدود بين مادتين [5] .

ويتأثر التوصيل الحرارى بعدة عوامل وأكثر هذه العوامل هو تركيب الخزف مع الأخذ فى الاعتـــبار الوظـــيفة المطلوبة للقطع الخزفية المنتجة وكذلك هناك المعالجة الحرارية المسبقة ونسيج الخزف من مسام وأحجامها وتوزيعها [6] .

جـ – الصدمة الحرارية Thermal Shock

وهى من أهم الخواص التى تميز أدوات الإضاءة الخزفية وتعتبر مقاومة الصدمة الحرارية هـــى قـــدرة أو البدن على مقاومة التغيرات المفاجئة فى درجة الحرارة أو دورات التسخين السريع والتبـــريد بـــدون حدوث تلف أو تشرخ ويجب أن تتوفر هذه الخاصية بعد الحرق ولذلك لكى تلائم الوظـــيفة التـــى صـــنعت من أجلها أدوات الإضاءة وترتبط مقاومة الصدمة الحرارية بطبيعة التمدد الحرارى للمواد التى صنعت منها القطعة [7] .

وتنتج الصدمة الحرارية بارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها حيث أن جانب يتمدد أكثر من جانـــب أخـــر حتـــى ينـــتج ضغوط شد ولتقليل تأثير الصدمة الحرارية يجب أن يحتوى البدن على

---

(5) Rice , P . M . : Op. Cit P . 364 .
(1) Kingery, W. D . : Factors affecting thermal stress resistance of ceramic materials in J. Am , Ceram. , Soc . Vol . 38 1955 . P.11 .
(2) Peterson , S . :The craft and art of clay , London 1995 . P . 331 .
(3) Rice , P . M . : Op.. Cit., P. 364 .
(4) Case, E. D,: Heat transfer Coeffieient Estimation from thermal shock in 26th Annual conference on composites, Advanced ceramics by the American ceramic society, 2002 P.149.
(5) Grim shaw , R. W . : Op. Cit P . 935 .
(6) Friedman , R . F . : Op. Cit P . 258 .

مكـونات منخفضـة الـتمدد وتكون فى معدل يصل إلى ٣×١٠ ^-٦ / م° وبالتالى يكون البدن مقاوم للصدمة الحرارية [1] .

ومـن العـوامل المؤثرة فى الصدمة الحرارية قوة البدن والتوصيل الحرارى وكذلك معامل الـتمدد الحرارى [2] . وتتوقف الصدمة الحرارية أيضا على شكل وحجم البدن بالإضافة إلى توزيع درجـة الحرارة وطريقة التسخين والتبريد حيث العلاقة وثيقة الارتباط بين الخواص الفيزيائية للبدن ككـل ومقامـة الصدمة الحرارية [3] وكان لانتشار استخدام الخزف فى الطهى والإضاءة دورا فى الاهتمام بالصناعة وكذلك الاهتمام بالشكل للتغلب على مثل هذه المشاكل [4] .

وحـيث أن الخزف موصل غير جيد للحرارة عند استخدام أدوات الإضاءة لذلك عند ارتفاع درجـة الحرارة فإن الجزء الخارجى يصبح أكثر سخونة من الجزء الداخلى وبالتالى فإن هذا الجزء يـتمدد أكثـر مـن الجـزء البارد وينتج عن ذلك ضغوط شد على الجزء البارد وعندما تزداد هذه الضـغوط فإن قوة الشد للبدن الخزفى ينتج عنها شروخ فى الجزء الداخلى البارد بالإضافة إلى ذلك فإن هناك شئ هام بالنسبة لمقاومة الصدمة الحرارية وذلك يرتبط بالمواد غير اللدنة وهو :-

- توزيـع المسامية Porosity contribution وذلك لأنها توقف الشروخ فى جدران القطعة عندما تقابل الشرخ فى فتحة مسام كبيرة [5] .

العوامل المؤثرة فى الخواص الحرارية :

مما لا شك فيه أن عدد وحجم المسام أو الفراغات هامة بالنسبة لمقاومة التغيرات الحرارية والشـروخ التـى تـتكون نتـيجة الضغوط الحرارية التى تقف عن الانتشار عندما تصل إلى مسام واسعة. ويمكن زيادة حجم وعدد المسام وذلك بإضافة مواد عضوية مثل التبن أو القش وهذه المواد تحتـرق و تترك فراغات واسعة ، كما أن وجود مواد أخرى فى الطفلة تعتبر مشكلة لأنها قد تتمدد بمعدلات تختلف عن الطفلة مما يؤدى إلى وجود ضغوط إضافية على القطعة ، والمعادن التى تتميز بمعـدلات تمـدد تشـبه أو أقل من الطفلات تعتبر مناسبة لتجنب الضغوط الحرارية وهى تشمل ، الفلسبارات البلاجيوكليزية الأخرى [6] . كذلك فإنه إذا لم يكن البدن متجانس خاصة فى البدن متعدد الـبلورات وغيـر المتشـابه فـى الخواص فإن الضغوط سوف ترتفع نتيجة h

(1) Fraser , H , : Ceramic Faults and their Remedies London . A &C Black , 1986 , P . 53
(2) Schwartz, M, : Hand book of structural Ceramic McrGraw–Hillinc , USA,1992, P. 222.
(3) Crandall , W . , B . , and Ging , J . , : Thermal shock Analysis of Spherical Shapes , in J- Am . ceram . Soc . vol (39) 1955 , No . 1 P. 44 .
(4) Amberg ,C . , R ., and Hartsook , J ., : Effect of design factors on thermal – shock Resistance of Cooking ware ,J. Am . Ceram . Soc., Bul , vol (25) No 11, 1946, P. 448.
(5) Arnold, D. E.: Ceramic Theory and cultural Process Cambridge University Press, 1999, P.23.
(6) Sinopoli, C. M. : Op. Cit P . 14 .

الإخـــتلاف فى التمدد بين الأطوار والبلورات ويعتمد ذلك على معامل التمدد للمكونات وتحدث هذه الضغوط أيضا نتيجة الاختلاف فى التمدد بين التزجيج والبدن المطبق عليه [1] .

بالإضـــافة إلـــى ذلك فإن درجة الحرارة شكل وأبعاد القطعة لها تأثير على خصائص انتقال الحرارة بالمادة [2] .

ومـــن خـــلال الربط بين المسامية والخواص الحرارية نجد أن التغير الحرارى يقل بزيادة المســـامية وكذلك فإن التغيرات فى المسامية تكون مصاحبة بتغيرات فى حجم البلورة وحجم المسام والتـــركيب والمحـــتوى الزجاجـــى ، وتعتمد مقاومة الضغوط الحرارية على اتحاد القوة والمرونة والتوصيل الحرارى والتمدد الحرارى [3] .

و يجب الحذر من نقطتين عند تفسير هذه الخصائص وهما :

١ – أنـــه بالرغم من الاتصال أو العلاقة بين هذه الخواص ومتطلبات الاستخدام مثل " معامل التمدد الحـــرارى فـــى أدوات الإضاءة " فإن هذا لا يعنى بالضرورة ان العلاقة كانت معلومة بالنسبة للخزاف أو على دراية بها .

٢ – الاخـــتلافات بعد عمليات الاستخدام الأولية أو الثانوية حيث أن الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحـــرارية قد تتغير بالنسبة للكسره التى تم اكتشافها عن تلك القطع المحروقة حديثا حيث أنها استخدمت لسنوات عديدة ودفنت فى الأرض وتعرضت للتغير [4] .

٥ – الصلادة Hardness

الصـــــلادة هـــى إحدى الخصائص التى يمكن من خلالها التعرف إذا ما كان الخزف جيدا أم لا. والصـــلادة تعنـــى المقاومة للتغلغل أو الكشط أو السحق ، فالصلادة من الخصـائص الفيزيائية الشـــائعة التـــى تـــرجع إلـــى قوة ودوام الخزف ويرجع ذلك إلى درجة التزجج التى تعكس درجة الحـــرارة، وتتفق الصلادة مع القوة فى أن كل منهما يعبر عن مقاومة المادة للتشوه الميكانيكى لكن الصلادة تشمل السطح أما القوة فتشمل الجزء الداخلى للبدن [5].

ومـــن العـــوامل المؤثـــرة فى الصلادة ظروف الحرق وأنواع الشوائب الموجودة ، وبصفة عامـــة تـــزداد الصـــلادة بزيادة درجة حرارة الحرق وتتأثر بجو الفرن فالاختزال يزيد من صلادة

---

(1) Kingery , W . D . : Op. Cit P . 3 .
(2) Barbody , E . , M ., etal : Effect of Shape on thermal fracture J . Am. Ceram. Soc, vol (38) No 1, 1955 , p . 38 .
(3) Coble , R. L . and Kingery W.D. : Effect of porosity on thermal stress fracture , J . Am . Ceram . Soc . vol (38) No 1 , 1955 , P . 33 .
(4) Rice , P . M . : Op. Cit , P . 347 .
(5) Shepard , A . : Op. Cit ,P . 113 .

القطعـــة المحـــروقة وذلك لأن مركبات الحديد تتفاعل مع الكربونات أو السليكا معطية مادة مصهرة قـــوية وطور زجاجى عند درجة حرارة أقل من المعتاد . وتعمل الشوائب كمواد مصهره عند درجة الحـــرارة المنخفضـــة حـــيث يـبدأ التفاعل وهذا يزيد صلادة المواد المحروقة ، وكذلك فالخزف و hgjv;dfدقـــيق الحبيبات الذى يكون عديم المسام بصورة نسبية يعطى مقاومة أكبر للتغلغل والكشط وبالتالى يكون أقوى أو أكثر صلادة من المواد المسامية الخشنة .

كـــذلك فإن معالجة السطح مثل الصقل سوف تملئ الفراغات الموجودة بين الجزئيات على الســـطح لتصـــبح أكثر صلابة وأكثر مقاومة كذلك التغطية بالبطانة أو التزجيج بجعلها أكثر صلادة واكثر مقاومة للتآكل من البدن الطفلى [1] .

أمـــا Rice 1987 [2] فيذكر أن الصلادة مثل اللون تعتمد على اتحاد العوامل المختلفة وأكثـــر هـــذه العوامل أهمية هى ظروف الحرق وأنواع الشوائب الموجودة وملامح التركيب الدقيقة وكـــذلك معالجة السطح . فالشوائب الموجودة فى الطفلات تزيد صلادة القطعة المحروقة إذا تفاعلت كمادة مصهرة وتخفض درجة الحرارة التى يبدأ عندها التلبيد وبالتالى التزجج الذى يؤدى إلى زيادة الصـــلابة وكـــذلك تؤدى إلى بدن زجاجى يقاوم التشوه السطحى بجانب مركبات الحديد التى تسبب تلبـــيد تحـــت الظـــروف المختـــزلة . فالمكونات المختلفة للمعادن القلوية تشمل مركبات الصوديوم والبوتاســـيوم قـــد تـــتفاعل كمـــواد مصهرة بينما هناك شوائب أخرى مثل الأملاح قد تقلل الصلادة للســـطح إذا تركـــزت على السطح ، بينما ملامح التركيب الدقيق MicroStructural Features تؤثـــر فى الصلادة وهذا يشمل حجم الحبيبات والمسامية للقطعة المحروقة . فالحبيبات الدقيقة تكون بصـــورة نســـبية غير مسامية وبالتالى تحسن المقاومة للتغلغل والكشط والكسر وبالتالى تكون أكثر صلادة ومقاومة من المادة المسامية أو الخشنة وكذلك معالجات السطح التى تؤدى إلى ضغط وتنعيم الجزئيات على السطح وبالتالى تزداد الصلادة .

٦ – الكثـــافة Bulk density

الكـــثافة هـــى نسبة الوزن إلى الحجم وذلك بما يشمل المسام لذلك فإن الكثافة تتغير بالتغير فى الحجـــم . و تتأثـــر الكثافة بالمسامية وكمية الفراغات والمسام وكذلك فإنها تتأثر قبل كل ذلك بدرجة الحرارة ومعدل الحرق الذى يرجع إلى نوع المواد الخام والغرض من الاستخدام [3] .

---

(1) EL Sheltawy , H. M. Op. Cit P . 40 .
(2) Rice , P. M. : Op. Cit., P . 354 .
(3) Abd El Ghafour, N . G. Ceramic properties of some types of Egyptian clay deposits and possibility of their modification , PHD , Building , Housing and planning Research center , Cairo , 1995 , P . 57 .

وتؤثر أكاسيد الحديد فى الكثافة حيث أن الكثافة تزداد بزيادة نسبة هذه الأكاسيد بينما تقلل الكربونات من قيمة الكثافة وكذلك فإن الكثافة تتغير نتيجة التغيرات التى تحدث للمواد الموجودة فى الطفلة و حدوث التحلل للمكونات وكذلك التبلور والتفاعلات الكيميائية (1) .

وتتأثر الكثافة أيضا بالمكونات البلورية والأطوار الزجاجية الموجودة والتى تحدد الكثافة فمثلا الكوارتز يوجد كطور زجاجى أو كسليكا حرة فى شكل كرسيتوباليت أو كوارتز أو تريديميت وكثافة الكوارتز ٢,٦٥ جم / سم٣ أما الكريستوباليت ٢,٣٢ جم / سم٣ أما التريديميت ٢,٢٦ جم / سم٣ لذلك فإن التغير فى كمية هذه البلورات يكون لها تأثيرا واضحا وملحوظا على الكثافة (2) .

٧ – التركيب الدقيق Microstructure

تعد أعطى Rice 1987 (3) تفسيرا جيدا للتركيب الدقيق للخزف حيث أعطى أربع مصطلحات تناقش التركيب الدقيق وهى التركيب Composition الذى يرجع إلى طبيعة الأطوار المتبلورة أو غير المتبلورة والمسام أوالنسيج texture الذى يعبر عن وظيفة حجم وشكل وترتيب الأطوار أما التركيب البنائى Structure فهو يرجع إلى ترتيب الأطوار وأخيرا طبيعة السطح Surface characterizationوتشمل كل الملامح التى يمكن ملاحظتها على الأرضية مثل الصقل.

وللتركيب الدقيق أهمية كبيرة بالنسبة لمقاومة الضغوط الحرارية حيث أنه فى القطع الكبيرة يمكن التحكم فيه بواسطة الصانع ومن العوامل المؤثرة فى التركيب الدقيق حجم الحبيبات و المسامية . حيث أن المواد دقيقة الحبيبات تتميز بكثرة الحدود عنها فى الحبيبات الخشنة لذلك تكون أكثر مقاومة للحرارة وأقل توصيلاً للحرارة ، كذلك فإن الحبيبات الأصغر والمسامية المنخفضة تجعل الخزف أكثر قوة .

ويعرف الخزف من الناحية الهندسية بأنه مادة تتكون من اكثر من طور وهذه الأطوار هامة حيث أنها تتغير مع تغير حالة الخزف الفيزيائية والكيميائية عند الحرق والتبريد . والترتيب المعقد لهذه الأطوار فى الخزف يطلق عليه التركيب الدقيق Microstructure ، كما أن الخصائص المرتبطة بالاستخدام ترتبط بالتركيب الداخلى وتتميز بظاهرتين وهما ترتيب الذرات داخل التركيب "المكونات" وترتيب المكونات بالنسبة لبعضها البعض وتتميز الأخيره بأهميتها بالنسبة للخواص الفيزيائية والحرارية وذلك لأن الخزف يتميز بمكوناته المتعددة . بالإضافة إلى ذلك فإنه فى الخزف منخفض الحرق فإن أول شئ يحدد التركيب الدقيق هو المواد الخام وتقنية الصناعة مثل الحرق

(1) Shepard , A. : Op. Cit P. 137 .
(2) McMillan , P.W. : Op. Cit P . 129 .
(3) Rice , P.M. : Op. Cit , p . 248 – 348 .

ويعض التغيرات فى الأطوار مثل التلبيد sintering بينما فى الخزف مرتفع الحرق فإن الاختلاف والتغير فى الأطوار نتيجة التزجج وتكون بعض المعادن عند درجات الحرارة المرتفعة [1] .

٨ – النسيـــج "Texture "Fabric

إن دراســة نسيج الخزف تتم للأبدان الخزفية التي صنعت من الطفلة ويمكن تقسيم الخزف حســب نسيجه إلى نسيج ناتج من درجة الحرق وظروفه ونسيج ناتج عن المشتملات Inclusions ونسيج ناتج عن مادة الطفلة Clay Matrix .

وهــذه الأرضــية Matrix تتكون من معادن الطفلة التى أقل من ٠٠٢. مم وجزء آخر هو المشتملات التى تكون أكبر من ذلك وهناك المشتملات الخشنة التى يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو باستخدام الميكروسكوب [2] .

وقــد أوضح Grim shaw 1971 [3] أنه من الصعب وضع معنى محدد للنسيج هذا نظرا لاتســاع واخــتلاف معناه حيث يعطى خصائص التركيب و تشمل شكل وحجم الحبيبات الفردية و درجة وترتيب هذه الحبيبات و كثافة الكتلة .

ويقال أن النسيج خشن عندما تكون الحبيبات كبيرة ، ومما لا شك فيه أن شكل الحبيبات هى العامل الأول الذى يحدد النسيج وينقسم إلى :-

أ – الحبيبات المسطحة ذات شكل الألواح أو الصفائح Flaky or plate like Particles

وهى الحبيبات التى تتكون من طبقات .

ب – البلورات الابريه Needle or lath-shaped crystals

وهى موجودة فى بعض مواد الخزف مثل الهالوسيت ، الدولوميت وأيضا الموليت الذى يعد أحــد نواتج الالومنيوسيليكات المحروقة والنسيج الناتج يعتمد على ترتيب الحبيبات الفردية ولكن فى معظم الأحيان يتميز التركيب الأبرى بأنه ذات نسيج مفتوح open texture .

جـــ – الحبيبات ذات الزوايا الحادة Angular grains

وهى منتشرة فى الخزف وهى النتيجة الطبيعية للطحن والنسيج الخزفي يكون من الصعب التنبؤ به ويعتمد على حجم الحبيبات والترتيب .

---

(1) Rice , P . M . : Op. Cit P . 348 .
(2) Orton,C., etal :Op. Cit P. 87 .
(3) Grimshaw , R . W . : Op. Cit P. 405 .

د – الحبيبات الدائرية Rounded grains

وهى توجد فى الرسوبيات كنتيجة لعمليات النقل .

٩ – السـمك Thickness

يـرجع سمك جدران القطعة الخزفية إلى حجمها ومحتواها والهدف المقصود من استخدامها حيث أنها تتغير من قطعة إلى لأخرى ، كذلك فإن سمك الجدار فى نفس القطعة قد يختلف من جزء لأخـر فالجزء مثل القاعدة يعتبر جزء مدعم ، الرقبة ، الحافة ، المقابض ، كذلك الاستخدام له تأثير علـى السمك [1] . ويعتمد ذلك أيضا على الخواص المختلفة مثل القوة وخواص الطفلة نفسها فإذا لم تكـن الجـدران قوية بما فيه الكفاية فإن القطعة قد تلتوى وتلتف وذلك أثناء الجفاف ولكن فى حالة أدوات الإضاءة فـإن السمـك القليـل مطلـوب وذلـك لأنـه يزيد من مقاومة الصدمة الحرارية Thermal shock[2] .

---

(1) EL Sheltawy , H . M . : Op. Cit P . 40 .
(2) Rice , P.M. : Op. Cit P . 227 .

الفصل الثـــالث

عوامل ومظاهر التلف

التي تتعرض لها أدوات الإضاءة الخزفية

ينـــتج التلف من عدم التوازن بين المواد الأثرية و الظروف السائدة فى بيئتها المحيطة حيث تتغيـــر المكونات الكيميائية نتيجة عملية التلف [1] ، ويعتمد معدل التلف على درجة التجوية ومقاومة الخـــزف لهذه التجوية ومساحة السطح المعرض لعوامل التلف [2] ، ويتميز الخزف بمقاومة عالية وذلك بالمقارنة بكثير من المواد الأثرية الأخرى [3] حيث أن المواد السيلكاتية قليلة التلف [4] .

ويمكن دراسة تلف أدوات الإضاءة الخزفية من خلال عوامل ومظاهر التلف .

أولا :عوامل التلف

ويمكن تقسيم عوامل تلف أدوات الإضاءة الخزفية إلى أربعة مراحل هى :-

١ – عوامل تلف مرتبطة بالتقنية .

٢ – عوامل تلف مرتبطة بالاستخدام " الوظيفة ".

٣ – عوامل تلف ناتجة عن الدفن فى التربة .

٤ – عوامل تلف يتعرض لها الأثر بعد الكشف عنه .

١ – عوامل تلف مرتبطة بالتقنية

يحدث التلف للقطع الخزفية أثناء عملية التصنيع وقبل الاستعمال حيث ان لاختيار المواد الخام دور كبير فى الوقاية من التلف ، فمثلا إذا احتوى البدن على كمية غير كافية من المادة المالئة filler يؤدى ذلك إلى حدوث جفاف سريع وينتج عن ذلك شروخ وقد يؤدى ذلك أيضا إلى تهشم البدن .

أما بالنسبة للبدن الذى يتميز بمحتوى مرتفع جدا من الكوارتز وتم حرقه عند درجة حرارة منخفضة فإن الكوارتز لا يكتمل انصهاره كذلك هناك الضغوط الناتجة عن تمدده وانكماشه [5] .

وللمكونات المعدنية دورهام فى تلف أدوات الإضاءة الخزفية حيث تؤدي الزيادة في نسبة الألـــومنيا Alumina إلى زيادة لدونة الطفلة وبالتالى التعرض للالتواء والانكماش عند التجفيف

---

(1) Goffer , Z.; Archaeological Chemistry , John Wiley & sons U.S.A , 1980 . P . 239 .
(2) Abd El Hady . W., W. ; The structural damage of the building stones as effects of the physio-chemical factors, second International course on stone decay and conservation , Bari , Italy ,1995 ,PP.101-113.
(3) Rosvall.J.; Air Pollution and conservation in Durability of Building Materials,1988, P.229
(4) Winkler , E. , M . ; Problems in the deterioration of stone, in conservation of Historic stone buildings and monuments , National academy press , Washington , 1982 , P . 108 .
(5) Buys , S. & Oakely , V.; Conservation and Restoration of ceramics , Butterworth – Heinemann ,ltd., Oxford , 1999 , P. 20 .

بالإضافة إلى جعله أكثر صلابة وهو ما يؤدى إلى حدوث انكماش حرارى كبير [1] .

أما السليكا Silica فتوجد فى كل الطفلات مرتبطة كيميائيا بالألومنيا والماء أو فى حالة مستقلة كرمل وهو ما يؤدى إلى صلابة المنتج النهائى حيث أنها مادة ثابتة ومقاومة للحرارة وتمنع الالتواء warping وتقلل الانكماش shrinkage كما أن ارتفاع نسبة السليكا يؤدى إلى زيادة المسامية وذلك بسبب حدوث تمدد لحبيبات الرمل نتيجة الحرارة مما يؤدى إلى تغيرات بلورية ، ويحدث التغير المفاجئ عند درجات حرارة ثابتة محدثا فراغ حول كل حبيبة من الحبيبات مؤديا إلى نوع من المسامية المستمرة .

تعمل السليكا المنصهرة عند درجات الحرارة العالية كمادة تشحيم lubricant بين الحبيبات مؤدية إلى تحركها معا ويؤدى التوتر السطحي surface tension إلى جعل الحبيبات تعيد ترتيب نفسها بتأثير القوى الشعرية وإعادة التبلور. وكلما زادت درجات الحرارة كلما أصبحت المسام أكثر دائرية بسبب ملء المسام الصغيرة بالسليكا المنصهرة .

ويعد استخدام المواد العضوية عاملا مساعدا في زيادة نسبة المسام بالبدن أو حدوث شروخ دقيقة أثناء الانكماش فى حين أن تواجد المواد الجيرية فى الطفلات تتحكم فى درجة الصهر لذلك فهى إحدى المواد المصهرة Fluxes أثناء عمليات الحرق وتعمل على ربط حبيبات بدن أدوات الإضاءة الخزفية لتعطيها التماسك ، كما أنها تقلل من الانكماش الناتج عن التجفيف ، وإذا زادت نسبتها فى الطفلة فإن البدن يكون ضعيفاً وهشاً .

أما أكسيد الماغنسيوم Magnesia MgO فيؤثر فى اللون ويعطى لونا أصفرا باهتا. ويؤثر أيضا أكسيد الحديد فى اللون وكذلك تغير الحالة الموجود عليها يؤثر فى تلف الخزف [2]

ومما سبق يتضح الدور الذى تلعبه المكونات المعدنية لأدوات الإضاءة الخزفية فى إحداث مظاهر تلف مختلفة تعتمد على سلوك هذه المكونات أثناء مراحل الصناعة المختلفة .وخاصة عملية الحرق ويؤدى ذلك إلى حدوث مظاهر تلف داخلية [3] .

ولا يمكن إغفال التلف الذى يحدث أثناء مرحلة التشكيل والتجفيف والحرق بعد ذلك ، حيث يحدث تحول لمادة الطفلة من مادة لدنة إلى مادة صلبة سهلة الكسر حيث تفقد هذه الخاصية بلا

([1]) أحمد صلاح عطية : دراسة علاج وصيانة المنشآت الأثرية المشيدة بالطوب الأحمر تطبيقا على إحدى المنشآت الأثرية الرومانية بمنطقة تل الفرما بشمال سيناء رسالة ماجستير . قسم الترميم – كلية الآثار – جامعة القاهرة ، ٢٠٠٢ ، ص ١٦٤ .

(2) Warren , J . ; Conservation of Brick . Butter worth , Heinmann , Oxford , 1999 , P.92 .

([3]) أحمد صلاح عطية : المرجع السابق . ص ١٦٤ .

رجعة عند الحرق . كما أن عملية التشكيل تجعل القطعة محملة بضغوط داخلية كبيرة تؤدى مع الزمن إلى حدوث تشققات وشروخ [1] .

وهناك بعض المشاكل التى تحدث نتيجة عملية التجفيف غير السليمة مثل الانكماش غير المتساوى وما يترتب عليه من ضغوط بالبدن والضغوط المختلفة الناتجة من عملية التشكيل بالإضافة إلى معدل التبخر السريع للماء داخل البدن [2] أما الحرق وتأثيره المتلف فلا يقتصر على الحرق المنخفض فقط ولكن يمكن أن يحدث التلف عند الحرق فى درجات حرارة مرتفعة جدا لا يتحملها البدن [3] .

وتسبب الحرارة ضغوطا داخلية فى البدن ، وكلما كانت هذه الضغوط الحرارية كبيرة فإنها تسبب انتشار الشروخ وبالتالى يؤدى ذلك الى ضعف قوة البدن [4] وقد أشارت Smith [5] (١٩٩٦) إلى العلاقة بين محتوى البدن من الكوارتز والحرق حيث أن البدن المحتوى على نسبة عالية من الكوارتز وتم حرقه فى درجة حرارة منخفضة تظل نسبة كبيرة من الكوارتز غير مندمجة، وعندما يصل الى درجة التغير فى الصورة البلورية في مرحلة التبريد فإن الكوارتز المتبقى يتعرض للانكماش مما يؤدى إلى نشأة ضغوط داخلية ، ويصاحب هذه الضغوط تكون شروخ ومسام حول حبيبات الكوراتز ، وبالنسبة للتزجيج glaze فإن قوة الربط بينه وبين البدن قد تكون غير كافيه وقد يؤدى ذلك إلى حدوث تقشر أو تشقق للتزجيج حيث أن كل من البدن والتزجيج ينكمش بطريقة مختلفة عند التبريد .

فإذا كان معامل تمدد البدن أكبر من معامل تمدد التزجيج فإن البدن ينكمش أكثر من التزجيج وإذا حدث العكس، فإن التزجيج يتعرض لضغوط شد قوية مما يؤدى إلى تشققه [6] .

---

(1) رجـب أبـو الحسن محمد : دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقا على منطقة حفائر تل حسـن داوود عصـر مـا قبل الأسرات . رسالة ماجستير . قسم ترميم الآثار . كلية الآثار . جامعة القاهرة . ٢٠٠١ ص٨٣ .

(2) Grimshaw . R. W. ; The chemistry and physics of clays and other ceramic materials, 4th (ed.), : John Wiley & Sons , Newyork , 1971 , P . 557 .

(3) Hamilton , D. ; Architectural ceramics , Thamos & Hudson , 1978 , P . 43 .

(4) Watchman , J. B. ; Mechanical properties of ceramics, John Wiley & Sons, New York, 1996 , P . 247 .

(5) Smith , S.; The Manufacture and conservation of Egyptian faience , in : The 11Th triennial meeting ICOM committee for conservation, Edinburgh , Scotland , 1996 Vol 2 PP . 845-850 .

(6) Salmang , H. and Francis , M . ; Ceramics , London , Butter Worth , 1961 , P . 183 .

ومما سبق يتضح عدم التجانس فى مكونات أدوات الإضاءة الخزفية وذلك من حيث طبيعتها وتماسكها وأشكالها البلورية وبالتالى فإن هذه القطع تتعرض للتلف بمرور الوقت بسبب تفاعل هذه المكونات مع عوامل وقوى التلف المختلفة [1] .

٢- عوامل تلف مرتبطة بالاستخدام "الوظيفه" Function

مما لا شك فيه أن الوظيفة تلعب دورا هاما فى تلف أدوات الإضاءة الخزفية حيث أن الوظيفة هنا تتطلب استخدام زيت وكذلك الحرارة الناتجة عن الإضاءة ، ويؤدى ذلك إلى زيادة سرعة معدل التلف [2] .

وتعد الحرارة هى العامل الأساسى للتلف الناتج عن الوظيفة . وتعتبر الحرارة أهم قوى التجوية ويصل تأثيرها أقصى مداه وذلك عند تذبذبها وتباينها فى الارتفاع والانخفاض [3] .

وقد أشار Lay [4] (١٩٩١)إلى أن مقاومة البدن الخزفى لدرجة الحرارة يعتمد بصورة جزئية على نقائه ، فكلما ازداد البدن نقاءاً كلما كان أكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة كذلك فإنه لا يمكن إغفال الدور الذى تلعبه الصدمة الحرارية thermal shock التى تؤدى إلى حدوث تلف داخلى ، وترتبط الصدمة الحرارية بمعدل مرور الحرارة من خلال الحدود بين خامات الخزف الداخلية وتؤدى الصدمة الحرارية إلى حدوث شروخ كبيرة Macrocracks وكذلك شروخ دقيقة Microcracks ويؤدى ذلك إلى تغيير الخواص المختلفة للبدن [5] .

ويؤدى اختلاف درجات الحرارة ودورات التسخين والتبريد إلى تكرار تمدد وانكماش الحبيبات المعدنية المكونة للبدن الخزفى وتفتتها وبالتالى ظهور تشققات فى البدن وحدوث تشوه بالسطح [6] .

---

(١) الشـيماء عـبد الـرحيم عبد الرحمن : دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقا على بعـض الـنماذج الفخارية من المتحف القبطى ، رسالة ماجستير ، قسم الترميم ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٣، ص٨٥ .

(2) Ibrahim , M., M.& Sadek , H.; Features of the physical deteriortion of the Islamic ceramics from Egypt a case study, in 2nd conference of Middle Egypt in Fayoum ,2002. P.87.

(٣) يسرى الجندى : الجغرافية السناخية ، مركز الإسكان للكتاب ، ١٩٩٣ ، ص ١٦٩ .

(4) Lay , L . ; Corrosion resistance of technical ceramics , London , 1991 , P . 50 .

(5) Case, E . D. ; Heat transfer Coefficient estimation from Thermal Shock Data , in 26th Annual on composites , advanced Cermics , Materials and structure by Lin , H. , & sing, M. , Florida , 2002 , PP. 149 -160.

(٦) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ٨٨ .

كما أن الخواص الفيزيائية للمواد تتغير بتغير درجات الحرارة وكذلك فإن درجات الحرارة تؤثر فى معدلات التفاعلات الكيميائية ، حيث تتضاعف هذه التفاعلات كلما زادت درجة الحرارة بمعدل ١٠ °م ويؤدى ذلك إلى حدوث تحلل كيميائى سريع .

أما التأثير الفيزيائى الأكثر أهمية الناتج عن تغيرات درجة الحرارة هو التغير فى حجم هذه المواد حيث أنها تتمدد عند تعرضها للحرارة وتنكمش عند تعرضها للبرودة وتسمى هذه العملية بالحركة الحرارية thermal movement .

أما المواد ذات التركيب المنتظم فعندما تتغير درجة حرارتها تتعرض للتمدد والانكماش فى أجزائها بمعدلات مختلفة وتكون النتيجة النهائية حدوث ضغوط داخلية Internal stresses وذلك نتيجة لتكرار الحرارة والبرودة المتعاقبة [1] وتؤدي الحرارة أيضا إلى تساقط التزجيج نتيجة اختلاف التمدد والانكماش بين كل من البدن والتزجيج كذلك فإن الزيوت التى تستخدم فى الإضاءة تقلل مقاومة البدن .

٣ - التلف الناتج عن الدفن

رغم أن الخزف من المواد ذات المقاومة المرتفعة للتلف الكيميائى إلا أنه أقل مقاومة للتلف الميكانيكى خاصة عند الدفن فى التربة [2] أو عند تعرضها لصدمة أو ضغط [3] .

وعندما توجد القطع الخزفية فى التربة ويكون فوقها كمية كبيرة من الأتربة أو الرمال فإن ذلك يؤثر عليها خاصة عندما تكون القطع فارغة سواء من المواد الأثرية أو الأتربة وبذلك لا تتحمل الجدران هذه الضغوط ، ويؤدى ذلك إلى تهشم هذه القطع و هذا ما نلاحظه فى الحفائر [4] .

وترجع تأثيرات عامل الزمن على الخزف إلى ثلاث عوامل الأولى هي العوامل السائدة فى بيئة الدفن والثانية الخاصة بنوع التربة أما الثالثة فهى الخاصة بخامة الأثر .

وتتنوع التربة المصرية إلى تربة رملية وغرينية وطينية وجيرية وذلك حسب تركيبها .

١ - التربة الرملية

وتتكون من مجموعة معادن خفيفة Light minerals وهذا المكون يحتوى على ٧٠% - ٨٠% كوارتز ، ١٠ - ١٧% فلسبار بوتاسي ٣٢ - ٦% البيت ، ٢- ٤% أوليجيو كليز، ١ - ٢% مسكوفيت .

---

(1) Goffer , Z . ; O P Cit P . 243 .
(2) Reiderer , J. ; Restoration , Preservation, Munich . Germany, 1989, P.39 .
(3) Lins , A., P., Ceramics and glass conservation , Musum News , 1977 , P.5 .
(٤) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ٨٤ .

ومجموعة معادن ثقيلة Heavy minerals وتتكون من معادن الاوجيت؛ الهورنبلند، الابيدوت التى تكون حوالى ٧٥ – ٩٥% من المعادن الثقيلة فى الرمل .

٢ – التربة الغرينية

نظرا لصغر حجم جزئيات هذه المجموعة فيبدأ ظهور معادن الطين بها إلى جانب المعادن الأولية ، حيث يوجد المونتيموريللونيت ونسبة أقل من الكاولينيت والميكا بالإضافة إلى حوالى ٢٠% كوارتز ، ١٥% فلسبار ، ٥% كالسيت .

٣ – التربة الطينية

وتتكون التربة الطينية تقريبا من ٥٠ – ٦٠% مونتيموريللونيت ، ٥ – ١٠% ميكا ٣–٥%، كوارتز ، ١٥ – ٢٠% كاولينيت ، ٣ – ٥% فلسبار بالإضافة إلى ٥ – ١٥% من الأكاسيد الحرة سليكا ، الألومنيا ، الحديد .

٤ – التربة الجيرية

وتتميز هذه التربة بوجود نسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم قد تصل إلى ٩٠% وتحتوى هذه الأراضى على معدن الأتابولجيت$Mg_5Si_8O_{20}(OH)_2.8H_2O$ بنسبة ١٠ – ٢٠% بالإضافة إلى ١٥ – ٢٠% من الكاولينيت والمونتيموريللونيت بنسبة ١٥ – ٣٠% أما الفلسبار فيكون بنسبة ٣ – ٥% أما الأكاسيد الحرة فتمثل ٦ – ١٠% [1] .

وتختلف الظروف التى يدفن فيها الأثر الخزفى عن البيئة التى صنعت من أجلها أدوات الإضاءة ومن أهم مميزات بيئة الدفن غياب الضوء ووجود الأملاح التى تحملها المياه وكذلك الاتصال بتربة أكثر أو أقل قدرة على التآكل ودرجة حرارة ثابتة وكذلك الرطوبة النسبية الثابتة بالإضافة إلى كمية محدوده من الهواء خاصة الأكسجين [2] .

ومن أكثر عوامل التلف تأثيرا على الخزف المدفون فى التربة ما يلى :

١ – الرطوبة Moisture

تعتبر الرطوبة من أهم العوامل الفيزيوكيميائية التى تسبب تلفا ليس فقط للآثار الخزفية وإنما الآثار بكافة أنواعها . فالرطوبة تدخل فى معظم عمليات التلف ، فالأملاح القابلة للذوبان لن

---

(1) ثروت محمد حجازى : دراسة تطبيقية ميدانية لصيانة الآثار فى مواقع الحفائر تطبيقا على بعض الآثار المكتشفة بحفائر مقابر العمال جنوب شرق أبو الهول ، رسالة ماجستير قسم ترميم الآثار كلية الآثار – جامعة القاهرة ، ٢٠٠١ ص ٧ .

(2) De Guechen , G. ; Object interred , object disinterred in conservation on archaeological excavations , edited by Price , N. , S., ICCROM , Rome , 1984 , PP . 21 –28.

تنتقل ولن يحدث لها تبلور داخل أو خارج الأثر بدون الماء ، هذا بالإضافة إلى أن الماء عامل أساسى فى خلق اجهادات داخل الأثر يكون لها تأثير ميكانيكى على البنية الداخلية [1] .

تعتبر الرطوبة هى المسئولة عن وجود طبقة ملحية أسفل طبقة التزجيج حيث تعمل هذه الترسيبات الملحية التى تحملها الرطوبة على حدوث عملية إعتام لطبقة التزجيج وانفصالها [2] .

كما أن الحبيبات الدقيقة للتربة تكون مشحونة بشحنه سالبة ، أما جزيئات الماء فهى ثنائية القطبية وعند تلامس الدقائق المعدنية الصلبة مع الماء تنشأ القوى الجزيئية الكهربائية ، التى تجذب جزيئات الماء إلى سطح الدقائق المعدنية بقوة ، وكلما زادت المساحة السطحية النوعية للدقائق المعدنية ، كلما ازدادت جزيئات الماء التى تكون فى حالة مقيدة .

وتحتفظ التربة بالماء فى ثلاث مستويات هى حالة الغمر حيث تكون كل المسام ممتلئة بالماء وهناك أيضا الحالة الرطبة وهى أقل من المستوى الأول وأخيرا هناك الجفاف النسبى؛ وترتبط التهوية بنسبة الرطوبة فى التربة حيث أن الهواء يحل محل الماء وكذلك فإن وصول الماء إلى التربة يعمل على إزاحة الهواء من فراغاتها [3] ، ومن المعروف أن الخزف ذو البدن ردئ الحرق يضعف بالماء [4] .

وآلية التلف أن المادة المسامية تحتوى بصفة عامة على عدد غير محدود من المسام الدقيقة ومن خلال الخاصية الشعرية capillarity فإنها تمتص الماء والأملاح الذائبة فيها لذلك فإن الأثر المكتشف يكون مادة ممتلئة بالأملاح [5] وهى حالة شائعة فى مصر لا تظهر خطورتها إلا عند التعرض لبيئة مختلفة [6] ومن خلال دراسة الفصل الثانى الخاص بدراسة خواص الخزف فإننا نجد العلاقة الوثيقة بين تلك الخواص والتلف . حيث أن البدن المرتفع المسامية يقوم بامتصاص كمية كبيرة من الماء والتى تؤدى إلى ضعفه خاصة إذا كان ردئ الحرق ، أو كان الماء محمل بمكونات تؤثر فى البدن ويؤدى وجود الماء مع سطح التزجيج إلى حدوث تفاعلات بينهما ويؤدى ذلك إلى

---

(1) محمد عبد الهادى محمد : تشخيص الأملاح المتبلورة داخل تمثال أبو الهول بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح . ندوة جامعة القاهرة الروية العلمية للحفاظ على الآثار ، ١٩٩٠ ص ٩٢-١١٦ .

(2) Ravaglioli , A. & Krajewski , A. , ; Degradation & Preservation of the Majolicas of santa chiara in Naples in : Fourth Euro – Ceramics , vol 14 , the cultural ceramics heritage , gruppo editoriale Faenza editric ceramics , Italy , 1995 , PP . 403-409 .

(3) ثروت محمد حجازى : المرجع السابق . ص ٦ .

(4) Smith , S.; British Bronze age Pottery : An Overview of deterioration and current techniques of conservation at the British Museum , in the conservator , No.22,1998, PP.3 -11.

(5) De Guechen , G. ; OP Cit. P . 26 .

(6) محمد فهمى عبد الوهاب : دراسات نظرية وعملية فى حقل الفنون الأثرية وطرق ومواد الترميم الحديثة . دار الشعب ، القاهرة ، ١٩٧٤ ص ٣٧١ .

تغيير فى الطبقة السطحية ويتراوح ذلك التفاعل من طبقة واحدة إلى عدة مليمترات [1] ويسمى ذلك بالصدأ المائى Aqueous Corrosion [2] .

٢ - الأملاح Salts

إن دراسة الأملاح وتأثيرها على المواد الأثرية من الدراسات الهامة جدا فى مجال صيانة وترميم الآثار وذلك بسبب الدور الخطير الذى تلعبه في تلف وتدمير الآثار . ومن المعروف أن هذه الأملاح لا تبقى على وتيرة واحدة وإنما هى دائمة التغير وخاصة من حيث درجة تركيزها ومكوناتها ، والتربة المصرية بحكم أصلها لا تخلو من الأملاح [3] .

وتعد الأملاح والماء من أهم المشاكل التى تواجه عمليات الترميم اليوم، حيث تزداد الضغوط الميكانيكية نتيجة نمو بلورات الملح وبذلك تؤدى إلى دفع جدران المسام وهذه هى الميكانيكية الأولى للتلف [4] وقد تتكون بعض الأملاح الجديدة نتيجة الدفن فى التربة الملحية حيث أن الكالسيوم الذى قد تحتويه بعض أبدان أدوات الإضاءة يتفاعل مع كلوريد الصوديوم مكونا كلوريد الكالسيوم . ويعتبر معدل تبخر الماء من الخزف بطيئ وذلك بالمقارنة بمعدل الامتصاص وذلك نتيجة وجود روابط هيدروجينية تربط الماء مع الخزف [5] . وتختلف الأملاح فى معدل ذوبانها فى الماء فمنها ما هو مرتفع فى معدل ذوبانه فى الماء ومنها ما هو متوسط الذوبان والبعض الأخر شحيح الذوبان فى الماء ويتضح ذلك فى جدول رقم (٣) [6] .

---

(1) Brown, R. K.; Inorganic glasses and glass–Ceramics, in : Characterization of ceramic, edited by Loehman, R. and Fitz Patrick, L., E., Butterworth– Heinewann, USA, 1993, PP. 103-117.

(2) De Guechen , G. , ; Op. Cit., P . 27 .

(٣) رجب أبو الحسن : المرجع السابق : ص ١٠١ .

(4) Selwitz, C.A., and Doehne, E.R. ; The evalution of crystalization modifiers for Controlling Salt Damage to limestone . in Journal of Cultural Heritage, 3, 2002, P. 205.

(5) Paterakis , A. , B. ; Those evasive Salt crystals . The 12th ICOM Triennial Meeting Lyon , 1999 , Vol2. P . 799 .

(6) Cronyn , J. M. ; The elements of Archaeologyical Conservation New York , 1998 , P.22.

جدول رقم (٣)

يوضح معدل الذوبان للاملاح (Cronyn ,J.M. 1996 ,P.23)

الملح	معدل ذوبانه فى الماء
كل النيترات	مرتفعة
معظم الكلوريدات	مرتفعة
معظم الكبريتات	مرتفعة
معظم البيكربونات	مرتفعة
معظم الأسيتات	مرتفعة
الجبس	متوسط
معظم السيليكات	منخفضة
معظم الأكاسيد	منخفضة
معظم الكبريتيدات	منخفضة
معظم الفوسفات	منخفضة
معظم الكربونات	منخفضة

يمتص الخزف المسامى الماء المحتوي على أملاح من خلال الشعيرات الموجودة به حيث أن أى تربة تحتوى على كمية من الأملاح الذائبة لذلك فإن الخزف عادة ما يتم الكشف عنه وقد احتوى على أملاح [١] .

وتزداد كمية الماء بالبدن مع وجود الأملاح وذلك بالخاصية الشعرية وكذلك بالهيجروسكوبية ، وتعتمد حركة الأملاح فى البدن المسامى على الظروف المحيطة ودرجة الحرارة بالإضافة إلى الرطوبة النسبية [٢] وقد تأتى الأملاح من الطفلة أو من الوقود أثناء الحرق [٣] . ويعد تبلور الأملاح من أكثر عوامل التلف خطورة [٤] ويرتبط تزهر الأملاح بمسامية البدن حيث أن القطعة الأكثر مسامية تكون فرصتها أكبر بالنسبة لتزهر الأملاح نتيجة

---

(1) De Guechen , G. ; Op. Cit , P . 25 .

(2) Charola , E. A. ; Salts in The deterioration of Porous Materials, in: JAIC 39 (2000) PP.327-343 .

(3) Stambolov , T.;The deterioration and Conservation of Porous Building materials in monuments, Rome ,1975, P.13

(4) Honey borne , D. B.; Weathering and decay of masonry in conservation of Building and decorative stone edited by , Ashurst , J. and Dimes , F. , Butter Worth Heinemann , London , 1998, P . 153 .

للتبخر السطحى ، بينما فى القطع ذات المسامية الأقل فإن التزهر قد يحدث أسفل السطح مكونا تزهر تحت سطحى .

ويعتمد تزهر الأملاح فى الخزف على عدة أشياء منها نوعية الملح وإذا كان الملح مائى أو غير مائى وإذا كانت المسام الموجودة فى جدران البدن ماصة للماء وكذلك معدل التهوية وذوبانية هذه الأملاح فى الماء وأيضاً وجود أيونات تساعد على ترسيب الأملاح ووجود اتساخات فى مسام الخزف بالإضافة إلى الرطوبة النسبية (١) .

ويعتبر إعادة تبلور الأملاح السبب الرئيسى للتلف بالأملاح وأثناء هذه العملية تشغل البلورات المتكونة حجما أكبر من حجمها في المحلول الملحى وتسبب ضغوطا على نسيج البدن وهذا يكون كافيا لإحداث تشقق وتفتت بالبدن . وتؤثر سرعة التبلور فى التلف الناتج وتعتمد سرعة التبلور على درجة الحرارة والرطوبة النسبية. ولكل ملح درجة رطوبة نسبية حرجة يحدث عندها التبلور وتعد الأملاح القابلة للذوبان فى الماء هى من أكثر العوامل المؤثرة فى تلف الخزف حيث أنها تمتص بواسطة البدن ، وتميل هذه الأملاح إلى الذوبان فى الرطوبة النسبية المرتفعة وبعد ذلك تعيد عملية التبلور مرة أخرى عند الجفاف (٢) .

ويحدث التبلور فى المسام والشروخ وبالقرب من السطح ويتحدد تبلور الأملاح من خلال الاتزان أو التوازن بين معدل خروج الماء من السطح ومعدل امتصاص الماء (٣) .

وتؤدى الأملاح إلى حدوث شروخ بطبقة التزجيج وذلك حسب الالتصاق والربط بين التزجيج والبدن وقد يحدث التقشر Exfoliation فى البدن الخزفى نفسه (٤) وتعتبر الأملاح الأكثر قابلية للذوبان هى الأقل قابلية للتزهر (٥) .

وقد ذكر Abd – El Hady (٦) (١٩٩٤)شكلين شائعين لتبلور الأملاح وهما :-

---

([1]) Paterakis , A.B. ;Op. Cit , 1999 , P. 800 .
([2]) Buys , S . & Oakly , V. ;Op. Cit . P . 23 .
([3]) Lewin , S. , Z . ;The mechanism of masonry decay through Crystallization , in Conservation of Historic Stone building and monuments , National academy Press , washington , 1982 .P.120.
([4]) Pilz , M . & McCarthy , B. ; The comparative study of ORMOCER & paraloid B – 72 for conservation of outdoor glazed ceramics . in : Fourth Euro. ceramics , Vol. 14 The Cultural ceramics Heritage , gruppo editoriale Faenza editrice Ceramics , Italy , 1995 , PP . 29-39 .
([5]) Paterakis , A. B . ; Efflorescence testing on pottery in The ceramics Cultural Heritage , Vincenzini , P . (editor) , 1995 , PP . 661-668 .
([6]) Abd – El Hady , M . M . ; Op. Cit P 103 .

١ – نمو وتزهر شعرى Whisker growth ويحتاج هذا النوع من التبلور إلى محتوى منخفض من الماء ومعدل تبخر منخفض وإمداد منخفض من المحاليل .

٢ – تكوين تكلسات Crust formation ويتطلب ذلك ارتفاع تركيز المحاليل الملحية

وفيما يلى أهم أنواع الأملاح :

١ – الكلوريدات Chlorides

ومن أهم أنواعها كلوريد الصوديوم " الهاليت " Halite (NaCl) وكلوريد البوتاسيوم (السلفيت) Sylvite (KCl) وكلوريد الكالسيوم " أنتراكتسيت " Antracticite ($CaCl_2$ $6H_2O$) وتعتبر الكلوريدات من أخطر أنواع الأملاح وذلك لما تتمتع به من درجة ذوبان عالية فى الماء تمكنها من الانتقال إلى المناطق المختلفة ، بالإضافة إلى أنها أملاح هيجروسكوبية لها القدرة على امتصاص المياه من مصادرها نظرا لطبيعتها المسامية مما يترتب عليه تبلور أو إعادة تبلور هذه الأملاح ، كما أن ارتفاع معدلات الحرارة تتسبب فى فقدان هذه الأملاح ما امتصته من مياه ، وفى مثل هذه الظروف تحدث تغيرات مختلفة فى أشكال وأحجام البللورات الملحية بسبب تغير محتوى الماء ما بين امتصاص كميات جديدة من الماء hydration of Salts وفقد كميات من هذه المياه dehydration of salts الأمر الذى يترتب عليه ضغوط نتيجة اختلاف حجم وشكل البللورات الملحية .

٢ – النيترات Nitrates

ومن هذه الأملاح نيترات البوتاسيوم " النيتر " niter KNO_3 ونيترات الصودا soda niter Na NO_3 ونيترات الكالسيوم " النيترو كالسيت " nitro calcite Ca (NO_3) $4H_2O$ وتكثر هذه الأملاح بالقرب من الأراضى الزراعية[1].

٣-الحموضة والقلوية Acidity and Akalinity

إن التأثيرات الكيميائية للدفن تعتمد على حامضية أو قلوية التربة فالبيئة الحامضية يمكن أن تسبب نزح وذوبان للمواد الكربوناتية المضافة مما يؤدى إلى نسيج هش ، كذلك يمكن أن تؤدى البيئة الحامضية إلى نزح القلويات من التزجيج .

([1]) محمد عبد الهادى : المرجع السابق ص ١٠٣ ، ١٠٥ .

أما فى البيئة القلوية " وتكون خاصة فى المناطق التى يكثر بها النشاط البشرى حيث يتبقى بقايا قلوية مثل رماد الخشب " مما يؤدى إلى وجود طبقة من الأملاح غير الذائبة قد تتكون على السطح (١) .

وقد أشار Matson (٢) (١٩٥١) إلى أن وجود خزف يحتوى على مسحوق حجر جيرى أو مسحوق محار وتم دفنه فى تربة حمضية فإن هذه المكونات تختفى ، وعادة ما يتعرض الخزف منخفض الحرق للتحلل وذلك لأن الطفلة حرقت فوق درجة فقد الماء مباشرة ، كما أن التزجيج غير الثابت يتعرض للتفكك وذلك أثناء الدفن (٣) .

وقد قدم Heimann & Maggetti (٤) (١٩٨١) دراسة هامة لتأثير الدفن حيث وجد أن الجهلينيت Gehlenite في التيراسيجلاتا الجيرية Calcareous Terra Sigillata يتحلل إلى الكالسيت وذلك عند الاتصال بمحاليل التربة وبالتالى فإن ظروف الدفن الجافة تؤدى إلى الحفاظ على المكونات الأولية للخزف وعدم تحللها .

٤ – التلف الناتج عن الكشف

يعد الكشف عن الآثار الخزفية بصفة خاصة من أخطر المشاكل التى تتعرض لها ، وذلك نتيجة التغير المفاجئ والكبير فى درجة الحرارة والرطوبة بين البيئة التى يوجد بها وبين الجو الخارجى حيث أن بيئة الدفن Burial environment المستقرة لسنوات عديدة تؤدي إلي إستقرار حالة الأثر ويمكن تقسيم عوامل التلف التى تتعرض لها أدوات الإضاءة الخزفية بعد الكشف إلى :–

أ – تلف ناتج عن اختلاف بيئة التعريض عن بيئة الدفن .

ب – تلف ناتج عن أعمال الترميم الخاطئ .

---

(1) Watkins , S. , C. , & Scott , R . ; Timeless problems , Reflection on the Conservation of archaeological Ceramics , in The Birth Museum Occasional Paper , No. 145 , edited by oddy, A. , & Smith , S. , . 2001 , PP . 195-200 .

(2) Matson , F . R. ; Ceramic technology as an aid to Cultural interpretation techniques and Problems , Museum of Anthropology , university of Michigan , 1951 , P . 16 .

(3)Vandiver , P . B . ; Corrosion and conservation of ancient glass and ceramics , in Corrosion of glass & Ceramics , edited by clark , E . D . , University of Florida department of materials Science & engineering , USA 1992 , PP. 393- 430 .

(4) Hiemann , R . B . & Maggetti , M .: Experiments on Simulated Burials of Calcareous terra Sigillata (Mineralogical change) Preliminary results , in British Museum Occasional Paper No. 19 , Scientific Studies in Ancient Ceramics " by Huges , M . J . 1981 , PP . 163-177 .

أ – التلف الناتج عن اختلاف بيئة التعريض عن بيئة الدفن :

تختلف بيئة التعريض Exposure environment عن بيئة الدفن فى العديد من الخصائص اختلافا كبيرا . حيث أن تركيب الهواء الجوى يختلف من حيث تركيز الغازات الموجودة به . حيث أن غاز الأكسجين يوجد بنسبة ٢٠,٩% فى بيئة التعريض بينما لا يزيد عن ١٢% فى بيئة الدفن بينما يزيد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون مئات المرات فى بيئة الدفن عن تركيزه فى بيئة التعريض ؛ كذلك يؤثر التلوث فى تركيب الهواء الجوى ويغير من تركيزات غازاته فى بيئة التعريض .

وهناك الكشف غير الأمن والذى يحدث عند الكشف عن الآثار الخزفية والتى حدث لها اتزان بينها وبين بيئتها المحيطة بها عند الدفن ، وبعد الكشف تتلف بشكل أقوى وأسرع من التلف الذى يحدث فى الظروف العادية وتتعرض هذه المكتشفات للتلف على مستويين أولهما تلف فورى ناتج عن التعريض والثاني طويل المدى ناتج عن البقاء فى بيئة غير مستقرة [1] .

أما بالنسبة للتغيرات المناخية فإن بيئة التعريض تتصف بتقلباتها المناخية يوميا وموسميا ومن أكثر العوامل المؤثرة فى حفظ المواد الأثرية الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة .

– الرطوبة النسبية **Relative Humidity**

تؤثر الرطوبة النسبية فى كل من التلف الفيزيائى والكيميائى والحيوى حيث أن كمية الماء المنتشر فى الهواء فى صورة بخار رغم قلتها إلا أنها شديدة الأهمية لأنها تتحكم فى محتوى الرطوبة داخل المواد الأثرية ولذلك يتأثر المحتوى المائى للمواد بالرطوبة النسبية للهواء وعلى ذلك فأهم ما تتميز به بيئة التعريض هو انخفاض الرطوبة النسبية عن بيئة الدفن بصفة عامة مما يسبب التلف الفورى وتقلب أو تنوع المحتوى المائى لبيئة التعريض مما يسبب التلف طويل المدى .

– درجة الحرارة : **Air Temperature**

درجة الحرارة فى بيئة التعريض أعلى منها فى بيئة الدفن كما تتميز درجة الحرارة فى بيئة التعريض بالتقلب سواء على مدار اليوم أو السنة بينما تكون أكثر ثباتا فى بيئة الدفن ، ومن الممكن أن يؤدى تغير بسيط فى درجة الحرارة إلى حدوث تأثيرات عديدة ، وتتميز درجة الحرارة فى بيئة التعريض بأنها أكثر ارتفاعا نهارا وقت إجراء الحفائر وغير ثابتة وتختلف وتتنوع حسب التغيرات المناخية . كما أن التغير فى درجة الحرارة يعرض مادة الأثر للتمدد والانكماش مما يؤدى إلى حدوث ضغوط داخلية Internal Stresses وبتكرار التغير فى درجة الحرارة بين الارتفاع

---

(١) ثروت محمد حجازى : المرجع السابق . ص ١٥ .

والانخفـــاض بشكل متعاقب يؤدى إلى حدوث تشوه فى الشكل وتشقق وشروخ ويظهر ذلك واضحا فى الخزف حيث وجود البدن والتزجيج مما يؤدى إلى انفصال طبقة التزجيج عن البدن [1] .

ويعد التلف الفيزيائى تلفا غير استرجاعياً وهو ينتج عن عدم الحرص عند النقل أو التخزين أو مـــن الجفـــاف الذى يتبع امتصاص الأملاح القابلة للذوبان أو من العلاج غير السليم وهذا التلف يمثل تآكل فى السطح وشروخ وتقشر التزجيج فى بعض الحالات [2] .

ب – تلف ناتج عن أعمال الترميم الخاطئ :

يعتبر الترميم الخاطئ من عوامل التلف الخطيرة التى تتعرض لها الآثار الخزفية بعد الكشف عنها . ذلك سواء لعدم توفر الخبرة والمهارة الكافية للقيام بأعمال الترميم السليمة أو نتيجة لاستخدام مواد ترميم غير مناسبة لحالة كل أثر تطبق عليه .

وبالنسبة للمواد المستخدمة فى الترميم فإن استخدام مواد حمضية خاصة فى التنظيف يعمل على إزاحة الأيونات الأحادية أو الثنائية من سطح التزجيج وإحلالها بأيونات الهيدروجين (H^+) كما فى المعادلة [3] .

$$\equiv Si - O - K^+ + H^+ \quad \rightarrow \quad \equiv Si - OH + K^+$$

بالإضافة إلى أن الأحماض تعمل على إذابة الكربونات فى حالة إضافتها إلى البدن الخزفى، وبالتالـــى تعمل على ضعف البدن وتغيير خواصه . أما القلويات فيكون تأثيرها أقوى بدرجة كبيرة وأكثـــر تعقـــيدا مـــن تأثيـــر المحاليل الحمضية ماعدا حمض الهيدروفلوريك ، وذلك لتأثير أيونات الهيدروكســـيل على التركيب الشبكى للسيليكا حيث تتكون طبقة قليلة العمق من السيليكا لا تلبث أن تـــزيد معدلات جذب المحلول القلوى وزيادة عملية الإذابة والتى تتحرك بالتدريج إلى داخل التزجيج وبالتالى يتم إذابة التركيب الشبكى إلى مكوناته الأولية كما فى المعادلة [4] .

$$\equiv Si - O - Si \equiv \; + OH^- \; \rightarrow \; \equiv Si - OH + O - Si \equiv$$

كـــذلك فان استخدام بعض المواد اللاصقة التى أنتجت من أجل الاستخدامات اليومية وليست فـــى مجـــال الآثـــار فعلـــى ســـبيل المـــثال اســـتخدام الأوهو Uhu فى بعض الأحيان فى أعمال التجميع[5].

([1]) نجوى سيد عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٠٦ .

(2) Buys , S. & Oakley , V . ; O P Cit , P . 20 .

([3]) نجوى سيد عبد الرحيم : المرجع السابق ، ص ١١١ .

(4) Weier , L . E ; The deterioration of inorgamic materials under The sea , Bulletin of The Institute of archaeology , No . 11 , London , 1973 , PP . 131-145.

(5) Davison, S.;Conservation of submerged Artifacts , Course INA,Alex.Egypt, 1999, P. 39.

وتنتج بعض الأملاح داخل المسارج الخزفية نتيجة تفاعلات غازات التلوث الجوى مثل تحول غاز ثانى أكسيد الكربون وتحول غاز ثانى أكسيد الكبريت ، كذلك بعض الأملاح تنتج عن استخدام بعض مواد الترميم [1] . ويؤدى تبخر الماء إلى زيادة التركيز الملحى ويترتب على ذلك تبلور الأملاح داخل البدن [2] .

وبالنسبة لتلف البوليمرات Deterioration of Poylmers فإنه يحدث نتيجة أى تغيير فى البوليمر يجعله غير مناسب للاستخدام فقد يصبح البوليمر ذو لون أصفر أو يصبح أكثر ضعفا [3] . وتتعرض البوليمرات المستخدمة فى الترميم للتحلل نتيجة تعرضها لعدة عوامل منها:-

الحرارة :

حيث تتحلل أغلب البوليمرات وتختلف فيما بينها فى معدلات استقرارها فمثلا خلات الفينيل المبلمرة PVA يبدأ فى التغير اللونى نظرا للتحلل الحرارى عند حوالى ٢٠٠ °م وتفقد البوليمرات ١٥% من وزنها فى الهواء برفع درجة حرارتها تدريجيا ويعتمد الفقد فى الوزن على مدى نقاء المادة . أما تأثير الحرارة على البوليمرات فهو ما يسمى التحلل الحرارى Thermal degradation كما أن بعض البوليمرات حدث لها De Polymerisation وهو مصطلح يطلق على انهيار السلاسل المكونة للبوليمر فى بعض النقاط .

ففى البولى ميثيل ميثا اكريلات Poly methyl methaacrylate تتم عملية تحلل السلاسل سريعا حيث تحدث انهيارات داخلية لتعطى حوالى ٢٠٠ وحدة مونمر و كذلك فإن الضوء يعمل على كسر روابط البوليمرات ، أما الرطوبة فتعمل على التحلل الهيدروليكى للبوليمرات الصناعية وهذه العملية تعمل على سرعة فقد الخواص الفيزيائية للبوليمرات نتيجة تحطم السلاسل [4] .

وتتميز المسارج محل الدراسة بأنها تعرضت لأعمال ترميم خاطئة حيث تم إستخدام مادة البيتومين Bitumen فى عملية الاستكمال وقد استخدم البيتومين بشكل شائع فى ترميم الخزف منذ القرن التاسع عشر . والبيتومين عبارة عن خليط من الهيدروكربونات Hydrocarbons وقد يكون

---

(١) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٠٢ .

(2) Alessandrini , G . A. M .et al :Composition and degradation of Brick and ornamental Terra Cotta of CA' Grarda in Milan . part 1 the 17 th century facing , in Fourth Euro – Ceramics , Vol 14 . The Cultural Ceramic Heritage , edited by Fabbri , B . gruppo editoriale Faenza editrice , Italy , 1995 , P . 348 .

(3) Horie , C. V . : Materials for conservation , Butter – Worth – Ltd . London, 1987, P. 31.

(٤) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٠٠ .

مصدره بقايا الزيت " القطران " أو من راتنج الأشجار ، ويتميز البيتومين باللون البني القاتم ويتميز كذلك اللمعان ، وكذلك فإن البيتومين يصبح هش بمرور الزمن ويذاب البيتومين فى الكحول [1] .

ثانيا : مظاهر التلف Deterioration Phenomena

مــن خلال دراسة أدوات الإضاءة الخزفية نلاحظ أنها غنية بمظاهر التلف المختلفة فبعضها مــرتبط بالصــناعة والبعض الآخر مرتبط بالاستخدام ، هذا بالإضافة إلى مظاهر التلف التى نتجت عن الدفن فى التربة والكشف عنها.

وتعــد المظاهــر الناتجة عن عيوب الصناعة ذات أهمية خاصة نظرا لانتشارها فى أدوات الإضـــاءة محل الدراسة ، فبعض هذه المظاهر مرتبط بالخامات المستخدمة ونسبتها لبعضها البعض بيــنما هناك مظاهر تلف ترتبط بمراحل الصناعة منذ تحضير الخامات وعملية التشكيل والتجفيف ثم الحرق وفيما يلى أهم هذه المظاهر المرتبطة بعيوب الصناعة :-

١ - الشروخ Cracks

تنـــتج الشـــروخ فـــى القطعـــة من الضغوط الميكانيكية وكذلك من التمدد والانكماش وتظهر الشـــروخ عـــندما تكون الضغوط أكبر مما تتحمله القطعة وهناك عدة نقاط يجب إتباعها عند فحص الشروخ وهى :-

- مكان الشرخ فى القطعة ويرجع ذلك إلى شكل القطعة الذى يتحكم فى الضغوط الناتجة ، فالقطعة سيئة التصميم سواء كان بها زوايا أو بها انحراف فإنها تتعرض للتشرخ بالرغم من أنها تكون قد صنعت من مواد مثالية ، كذلك قد تكون القطعة جيدة التصميم وصنعت من مواد غير مناسبة وينتج عن ذلك شروخ .
- الاخـــتلاف فـــى شـــكل القطعة وطريقة صناعتها بالإضافة إلى طريقة وسرعة الجفاف ودرجة حـــرارة الفـــرن ودورات الحرق ، كذلك فإن تطبيق التزجيج والبطانة تحدث تغيرات فى المنتج وهذه التغيرات تسبب شروخ .
- يجب ملاحظة بداية ونهاية الشرخ حيث أن أوسع جزء فى الشرخ هو نقطة البداية ، ويلاحظ أنه إذا وجد الشرخ بالحافة يكون ذلك الشرخ ناتج فى المرحلة الخام أما إذا وجد الشرخ بالقاعدة فإن ذلك يكون نتيجة الحرق.
- إن حـــواف وأوجه الشرخ تكون دليل على كيفية بدأ الشرخ ، فالحواف المتآكلة والأوجه الخشنة تـــدل أن الشـــرخ من المحتمل أن يكون حدث ببطء وذلك عند الصناعة والجفاف بالرغم من أن

(1) Koob , S.; Obsolete fill Materials found on ceramics, in: JAIC, volume 37, Number 1, 1998, PP . 49-67.

الشـــرخ قــد لا يظهر إلا بعد الحرق ، أما إذا كانت حواف الشرخ حادة وأوجهه ناعمة فإن هذا يكون شرخ حدث بالفرن .

وفيما يلى أهم أنواع الشروخ وأسباب حدوثها فى البدن الخزفي :-

- هـناك بعـض الشروخ التى توجد فى حافة البدن الخام وتتميز باتساعها عند الحافة وضيقها فى أســفل ويرجع هذا النوع من الشروخ إلى عيب فى التصميم حيث تكون الحافة رقيقة جدا بحيث لا تـتحمل الضـــغوط ، كذلك فإن طريقة الصناعة قد تكون غير سليمة فقد يكون الجفاف سريع وغيــر متســاوى ، وقــد تظهر الشروخ ومازالت القطعة على عجله الخزاف أو بمجرد إزالتها ويكون ذلك ناتج عن التحضير غير الكاف وقد تحتوى الطفلة على المزيد من الرمل أو مسحوق الفخــار ، وقــد تكــون الطفلات ذات رطوبة غير متساوية وبالتالى يحدث جفاف بدرجات غير متساوية .

هــذا بالإضافة إلى استخدام البطانة عندما يكون البدن رطبا الذى يؤدى إلى حدوث تشوه ، وبالنســبة للشـــروخ الدقـــيقة فإن القطعة قد تكون ظلت فى ظروف رطبه لمدة طويلة مما أدى إلى حدوث امتصاص وأدى ذلك إلى نشأة شروخ .

أمـــا بالنسبة للشروخ التى تحدث فى البدن والتزجيج معا فإنها تنتج من الشروخ التى كانت مختفــية فـــى مراحل الصناعة حيث لا يمكن رؤية هذه الشروخ ولذلك تسمى بالشروخ المختفية أو المســـتترة Latent & dormant Cracks وبالتالى قد يؤدى الحرق إلى ظهور هذه الشروخ . كما أن الضـــغوط التى تم تجنبها عند التجفيف الحذر قد تنتج وتظهر من خلال الحرق السريع فى بداية الحرق . ويظهر ذلك فى شكل رقم (٩)(ا) .

- ويأتـــى علـــى العكـس من النوع السابق من الشروخ هذا النوع الذى يتميز باتساعه من أسفل وضـــيقه من أعلى ويحدث هذا الشرخ فى البدن الخام نتيجة الجفاف غير المتساوى ، أما سبب حـــدوث هـــذا الشـــرخ فى البدن المحروق والتزجيج معا فيرجع إلى تصدع التبريد Cooling Dunt الـــناتج بســـبب تبلور السليكا التي تعانى من تحولات أو تغيرات فى التركيب البللورى ويصـــاحب ذلـــك تغير فى الحجم وهذه الضغوط بين البدن والتزجيج قد تكون غير كافية لكسر القطعة (1) ويظهر ذلك فى شكل (٩)(ب).

- وهـــناك شـــرخ ثالـــث يتميز بأنه عمودى على الحافة ومتوازى الجانبين وسبب حدوث هذا الشـــرخ فـــى الـــبدن الخام هو أن الجدار والقاعدة تكون متساوية السمك و قد تكون القاعدة

(1) Hamer , F . ; The Potter's dictionary of Materials and Technique , Watson – Guptill Publication , New York , 1986 , P . 78.

رقـيقة جدا أو إنها تركت رطبة بعد التشكيل ، وينتج أيضا هذا النوع من الشروخ فى حالة وجود تزجيج سميك داخل القطعة . ويظهر هذا الشرخ فى شكل (٩) (ج) .

- أما النوع الرابع من الشروخ فيكون حاد الزوايا ويقسم القطعة إلى جزئين ويظهر هذا النوع فى البورسلين Porcelain والأوانى الحجرية Stoneware ويظهر هذا الشرخ فى البدن عند التبريد وذلك عند تعرض القطعة لتيار بارد يؤدى لحدوث تصدع Dunt أما فى البدن المزجج فيحدث هذا الشرخ بعد أن يتجمد التزجيج ، وينتج ذلك عند تبلور السليكا فى البدن هـذا بالإضافة للاختلاف فى الانكماش الحرارى بين البدن والتزجيج . ويظهر هذا الشرخ فى شكل (٩) (د) .

- أمـا الشرخ الدقيق "الشعري" Hair Line والذى يمر بالقاعدة فى خط مستقيم فيشكل النوع الخامس من الشروخ ويوجد فى القطع المزججة فقط وقد يمتد من أحد الجانبين إلى الجانب الآخـر مـرورا بالقاعدة ، وتحاول القاعدة امتصاص التزجيج وينتج طرقعة التبريد أما إذا حـدث هـذا الـنوع مـن الشروخ بعد شهور أو أعوام من الصناعة كان الشرخ ناتجا عن الصدمة الحرارية Thermal Shock ويتضح ذلك فى شكل (٩) (هـ).

- وهناك نوع آخر من الشروخ يحدث فى القاعدة وهو يشبه النجم ويأخذ شكل إشعاعى ويبين ذلـك الشكل رقم (٩) (و). ويظهر هذا النوع من الشروخ فى البدن الخام إذا كانت القاعدة ذات سمك أقل بكثير من الجدار أو إذا كانت القاعدة ذات محتوى رطوبة مرتفع وتم تجفيفها بسـرعة. وفـى البدن المزجج قد يكون التزجيج الداخلى بكمية أكبر من تزجيج القاعدة فى حـين أن المواد المصهرة بالقاعدة تعمل على حدوث تزجج داخلى لها وعليه تكون القاعدة هشه مما يؤدى إلى حدوث هذا النوع من الشروخ .

- أمـا النوع السابع من هذه الشروخ فيكون عبارة عن شروخ مستقيمة تكون موجودة بالقاعدة قـد تنتج من الجفاف غير المتساوى ، فقد يكون البدن غير مسامى وتظل القطعة على عجلة الخزاف بحيث لا يسمح للقاعدة بالجفاف (1) ويظهر ذلك فى الشكل رقم (٩) (ن).

- هـذا الـنوع من الشروخ يعد ذو أهمية خاصة حيث يظهر فى العديد من أدوات الإضاءة محل الدراسـة وكـذلك عينات أدوات الإضاءة التى تم الحصول عليها من الفسطاط ، هذا النوع من الشـروخ يكـون فى القاعدة ويكون على شكل حرف "S " ويظهر هذا النوع فى القطع التى تم صـناعتها على عجلة الخزاف ، وتنتج هذه الشروخ من الانكماش غير المتساوى لطفلة القاعدة والجـدران ، كـذلك يحدث هذا التشرخ نتيجة عدم التعرض لضغط متساوى أثناء التشكيل لذلك

---

(1) Hamer , F . ; O P Cit . P . 80 .

تبقـــى الجزئيات قليلة الاختلاط والترتيب حدث بطريقة عشوائية [1] . ويبدو ذلك فى الشكل رقم (٩) (ل) والصورة رقم (٧) العينة من الفسطاط .

كمـــا تمـــدنا الشـــروخ النافذة Path Cracks خلال البدن الخزفى بمعلومات عن انتشار وتوزيع الضغوط التى كانت موجودة أثناء الصناعة ، كذلك فإن ملامح سطح الكسر تمدنا بمعلومات توضح أصل الكسر سواء كان بسبب الضغوط أو بسبب الصدمة الحرارية [2] .

٢ – الالتواء Warping

يحـــدث الالـــتواء أثـــناء الجفاف يكون نتيجة الانكماش غير المتساوى وذلك بسبب اختلاف محـــتوى المـــاء [3] . وكـــذلك تساعد تيارات الهواء على حدوث الالتواء ، بالإضافة إلى ذلك فإن اخـــتلاف ســـمك جـــدار الـــبدن والقاعـــدة والتجفـــيف والحرق السريع يؤدى كل ذلك إلى حدوث الالتواء [4] .

يؤدي الانكماش المختلف إلى حدوث الالتواء وذلك لعدة أسباب منها اختلاف معدل فقد الماء مـــن السطح والجزء الداخلى كذلك التوزيع غير المتساوى للماء داخل الجزئيات وبالتالى الانكماش الكلى لكونه غير متساوى أيضا فإنه يتأثر بترتيب الجزئيات أثناء التشكيل [5] .

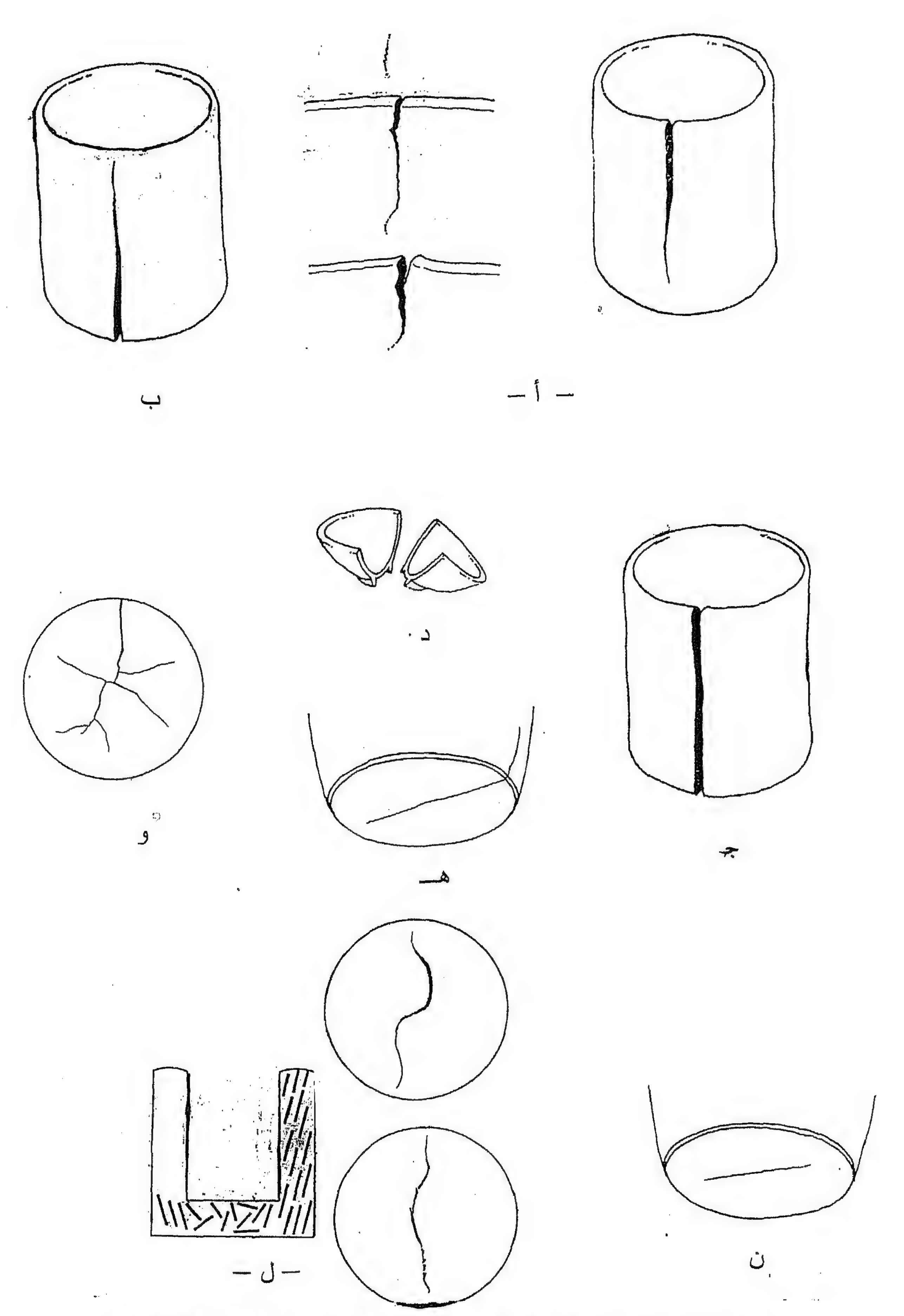
٣ – التصدع " الطرقعة " Dunting

يطلق هذا النوع على الشرخ النافذ كلية وينتج من الضغوط الحرارية ، ويلعب شكل القطعة دورا هامـــا فـــى هـــذه الظاهرة حيث يبدأ الشرخ النافذ فى الأركان والزوايا ، وتنتشر الشروخ فى النسيج الناعم والبدن الكثيف بينما تعمل المسام والإضافات على وقف انتشار هذه الشروخ [6] .

ويـــنتج التصـــدع مـــن الضغوط الناشئة عن الحرق والتبريد ، وتعد تحولات السليكا هى السبب الرئيسى فى هذا النوع من الشروخ ، بالإضافة إلى اختلاف تمدد

---

(1) Ibid P . 81 .
(2) Bronitsky , G . ; Bridging the gap between Laboratory and field in Ceramic Theory , Archeo materials (1) , 1986 , PP . 53-55 .
(3) Cooper , A . , R . ; Quantitative Theory cracking and warping during the drying of clay bodies , in Ceramic processing before firing , edited by Onoda , G . Y . & Hench , L . , John Wiley and Sons , New york , 1978 , P . 261 .
(4) Fraser , H . ; Ceramic Faults and their remedies A&C Black , London , 1986 , P . 25
(5) Moore , F . ; 2 – Rheology of ceramic System , Institute of ceramic text book Service , Maclaren & Sons , Ltd, London, 1965 , P . 86 .
(6) Fraser , H . , : Op. Cit , P . 86 .



شكل رقم (٩) يوضح بعض مظاهر التلف الناتج عن عيب الصناعة (Hamer,F.1986).

وانكمـــاش البدن والتزجيج الذى يسبب ضغوطا داخلية تؤدى فى النهاية إلى حدوث التصدع . ويعد تجمع هذه العوامل معا من ضغوط زائدة و تصميم غير جيد بالإضافة إلي الحرق غير السليم يؤدى فى النهاية إلى تشرخ القطعة .

وعـــن أنواع هذا التصدع فإنه هناك تصدع البسكويت Biscuit dunts وهذا النوع يحدث ربمـــا نتـــيجة التبـــريد وذلـــك بسبب تحولات الكوارتز والتريديميت والكريستوباليت مما يؤدى إلى انخفـــاض مفاجـــئ فى حجم البدن . وهذا النوع من التصدع فى البسكويت يكون عبارة عن شروخ شـــعرية دقيقة Hair Cracks يمكن رؤيتها بصعوبة وهى تظهر بشكل يشابه رص الآجر المستخدم فى المبانى وتظهر هذه الشروخ عند تزجيج القطعة حيث يمتص الشرخ مزيد من التزجيج .

ولا يجـــب الخلـــط بين شبكة الشروخ الناتجة عن التصدع والشروخ الدقيقة التى توجد فى التـــزجيج Crazing حيث أن الأخيرة تكون عبارة عن مربعات ومخمسات ومسدسات غير منتظمة بينما شروخ التصدع تكون مستطيلة وقائمة الزوايا .

وهـــناك أيضـــا تصـــدع الحـــرق Firing dunts والـــذى يحـــدث أيضـــا نتيجة تحولات الكريســـتوباليت والكوارتز عند تسخين التزجيج وهذه التحولات تعطى البدن زيادة مفاجئة فى الحجم وإن لـــم تـــتم هذه الزيادة بشكل متجانس أو متساوى خلال القطعة فإن ذلك سوف يؤدى إلى وجود ضغوط بين جزئين من القطعة ويحدث هذا نتيجة الحرق بمعدل سريع جدا .

والـــنوع الأخيـــر هـــو تصدع التبريد Cooling dunts وهو أشهر الأنواع ويحدث أثناء التبـــريد بعـــد حـــرق التزجيج أو بعد درجة الحرارة المرتفعة للبسكويت غير المزجج مثل الأوانى الحجـــرية Stone ware ، وهذا النوع تكون حوافه حادة، كذلك فإن الـــرف الموجود عليه القطع فـــى الفـــرن يجعـــل القاعـــدة تحتفظ بالحرارة أكثر من الجزء العلوى ، وبالتالى فإن الجزء العلوى يـــنكمش أكثـــر من القاعدة و ينتج عن ذلك شرخ دائرى على بعد حوالى ١ بوصة (٢,٥٤سم) من القاعدة (1) .

هـــذا بالإضـــافة إلـــى أن بعـــض القطع تتعرض للتشرخ بمجرد فتح الفرن ، وهناك أيضا الشـــروخ التـــى تنـــتج عن الاستخدام وذلك نتيجة الصدمة الحرارية وذلك مثل ما يحدث فى أدوات الإضاءة محل الدراسة .

(1) Hamer , F . ; Op. Cit , P . 108 .

٤- تشرخ التزجيج Crazing

لقد اتفق كل من Hodges [1] (١٩٦٤) و Kenny [2] (١٩٧٦) و Fraser [3] (١٩٨٦) Hamer [4] (١٩٨٦) و Zakin [5] (١٩٩٠) و Rhodes [6] (١٩٩٦) و Buys & Oakly[7] (١٩٩٩) و Nelson & Burkett [8] (٢٠٠٢) على أن الشروخ الدقيقة فى التـزجيج Crazing. تعد أهم عيوب التزجيج حيث أنها تمثل تطور لشبكة الشروخ الدقيقة فى سطح التزجيج وقد تظهـر هذه الشروخ عندما تؤخذ القطع من الفرن أو قد تظهر بعد حرق القطعة بفترة طويلة ، ولملاحظـة سبب تشرخ التزجيج يجب البحث عن مصادر الشد بين البدن والتزجيج ، حيث يتشرخ التزجيج و تحت تأثير الشد و عند تبريد القطعة فإن البدن ينكمش بنسبة أقل من انكماش التزجيج.

كما أن الحرق السريع والحرق غير المتساوى يسببان ضغوطاً داخل القطعة حيث أن كل من الطفلة والتزجيج يتعرضان لتمدد خفيف عند التسخين وانكماش عند التبريد حيث أن كمية التمدد والانكماش ترتبط بمعامل التمدد الحرارى .

ونجد أنه إذا كان البدن مسامى فإن الشروخ الموجودة بالتزجيج تسمح بدخول أى سـوائل يحتويها البدن ، وقد تكون الشروخ دقيقة فلا يمكن رؤيتها بالعين المجردة وقد تكون أكثر وضوحا خاصة فى التزجيجات السميكة ، ولا تظهر الشروخ إذا كان معدل التمدد والانكماش بالنسبة للبـدن والتزجيج متشابهين .

كما نلاحظ أن السطح الخارجى " التزجيج " يتأثر أولا بالحرارة وبعد ذلك تنتقـل درجـة الحرارة المختلفة بالتوصيل الحرارى إلى البدن وعند ذلك ينتج ضغط بين التزجيج وسطح البـدن، وللتبريد المفاجئ تأثير أكبر فى حدوث التشرخ Crazing وذلك بالمقارنة مـع تـأثير التسـخين المفاجئ وللتغلب على هذه المشكلة فإنه لا يكفى تشابه معامل التمدد الحرارى للبدن والتزجيج فقط وإنما يجب أن يكون معامل تمدد التزجيج أقل من معامل تمدد البدن فمن المعـروف أن التـزجيج يتحمل الضغط Compression ولا يتحمل الشد Tension .

---

(1) Hodes, H . ; Artifacts . 1964 , P . 46 .
(2) Kenny, J . B . ; The Complete Book of pottery making , 2nd edition , Chilton book Company, 1976 , P . 265 .
(3) Fraser , H. ; O P Cit P . 73 .
(4) Hamer , F. ; OP Cit P . 87 .
(5) Zakin , R. ;Ceramics, mastering The craft , chilton book company , USA , 1990 , P. 60.
(6) Rhodes , D.; The Clay and glaze for The Potter , A & C Black London , 1996 , P. 241.
(7) Buys , S. & Oakly , V . : O P Cit , P . 20 .
(8) Nelson, G. C. & Burkett , R . ; Ceramics Apotter's hand book , sixth edition , Worth , Thomson Learing , USA , 2002 , P . 109 .

وقد وجد أن التزجيج الذى يحتوى علي نسبة كبيرة من أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم يكون أكثــر عرضـــه للتشقق وذلك بسبب ارتفاع معدل الانكماش نتيجة ارتفاع معامل التمدد الحرارى ، وعلــى العكــس مـــن ذلك عند وجود نسب مرتفعة من أكاسيد الكالسيوم أو الرصاص والتى تكون منخفضة فى معامل تمددها الحرارى وعليه تكون أقل عرضة للتشقق .

ويكــون التـــزجيج غيـــر مناسب وذلك نتيجة خطأ فى خليط التزجيج خاصة التزجيج الذى يحـــتوى نســـبة كبيرة من المواد المصهرة القلوية بسبب ارتفاع معامل التمدد الحرارى لها ، كذلك احـــتواء الـــبدن على نسبة كبيرة من الكوارتز الذى يتعرض لتحولات ينتج عنها ضغوط تؤدى إلى حدوث التشرخ .

ويلاحـــظ أن كلا من البدن والتزجيج يتعامل بطريقة مختلفة عند التسخين والتبريد ، فعندما ينضـــج الـــبدن ويـــتكون داخلـــه أطوار زجاجية ينصهر التزجيج على السطح أما عند التبريد فإن التـــزجيج يكتمل تكونه بالتبريد فى حين أن البدن يحتاج إلى فقد الحرارة وبالتالى فإن كلا من البدن والتزجيج بعد تجمدهما يبدءان فى الانكماش وذلك نتيجة التبريد .

وتجمـــع هذه الشروخ الدقيقة الإتساخات والأتربة مما يسهل ملاحظتها وأول الشروخ يكون أطـــولها ويســـمى الشـــرخ الأولي Primary Crazing بينما الشروخ الأخرى الأصغر فهى تملء التـــزجيج وتســـمى الشـــروخ الثانوية Secondary Crazing أو يؤدى التغير فى درجة الحرارة اليومـــية إلى تمدد وانكماش ينتج عنه التشرخ فى التزجيج وهذا ما يحدث فى أدوات الإضاءة محل الدراســـة والتى كانت تتعرض للحرارة اليومية نتيجة الاستخدام .ويظهر ذلك بوضوح في الصوره رقم(٨) القطعة من متحف الفن الإسلامي بالقاهرة .

٥ – الشروخ المقصودة Crackle

هـــى شروخ توجد بالتزجيج تستخدم كزخرفة حيث يوجد شرخ كبير أساسى وبجانبه شروخ أخـــرى صـــغيرة ، ويمكن عمل هذه الشروخ المقصودة وذلك باستخدام أكثر من نوع من التزجيج وبالتالـــى يمكن الحصول على أنماط مختلفة من الشروخ[1]. ويمكن الحصول على هذه الشروخ من التزجيجات القلوية التى تنكمش أكثر من أنواع التزجيج الأخرى وبالتالى يحدث تشقق [2] .

وهـــذه الشـــروخ الموجـــودة فى التزجيج تكون أكثر سهولة فى الحصول عليها من تجنبها ويمكن الحصول على هذا النوع بخفض كمية القلنت والألومنيا [3] .

---

(1) Hamer , F . ; Op. Cit . P . 85 .
(2) Cuff, Y. H.; Ceramic Technology for Potters and Sculptors, University of Pennsylvania Press , USA , 1996 , P . 255 .
(3) Kenny , J . B . ;Op. Cit , P . 263 .

ولكـــن أدوات الإضاءة ليست من الأنواع التى قصد منها الخزاف الحصول على تزجيج به شروخ وذلك لأن البدن يحتوى على زيت يستخدم فى الإضاءة .

٦ - تجمع التزجيج Crawling

وقد أشارت Riad [1] (٢٠٠١) أن الزحف هو الجزء المكشوف من البدن الذى لا يغطيه التزجيج ويرجع ذلك إلى الشد السطحى المرتفع وارتفاع لزوجة التزجيج .

وتحـــدث هـــذه الظاهـــرة عندما يلتف التزجيج ويعود مرة أخرى للخلف ويترك مكانه على البدن وقد يحدث هذا على جزء يوجد به بطانه ، والتزجيج الذى يحدث له زحف يتميز بارتفاع الشد الســطحى له وكذلك اللزوجة المرتفعة ، فارتفاع نسبة الألومنيا يجعل التزجيج يتميز بلزوجة مرتفعة بالإضـــافة لذلك فإن وجود الأكاسيد المعتمة مثل أكسيد القصدير تزيد من الشد السطحى وهذا يشجع حـــدوث الـــزحف ، ويعد أكسيد الزنك هو السبب الرئيسى لحدوث الزحف قبل أن يؤدي الحرق إلي حدوث انكماش ، والشروخ التى تنتج قبل الحرق هى أشهر مسببات الزحف .

بالإضـــافة إلى ما سبق فهناك سبب أخر وهو البدن الدهنى والترابى الذى يمنع التزجيج من الالتصـــاق بالسطح و كذلك حرق القطعة وهي مازالت رطبة بعد تطبيق التزجيج ، ومن المعروف أن التزجيج الرصاصى يغطى البدن جيدا أكثر من التزجيج غير الرصاصى [2] .

ومـــن الأســـباب الأخرى التى تساعد على حدوث الزحف عدم وجود لصق كاف للتزجيج وبالتالـــى يحدث تشرخ قبل وضع القطعة بالفرن بالإضافة إلي الحرق غير الكاف وحرق التزجيج قبل تمام جفافه و البدن الزائد المسامية ووجود طفلة فى التزجيج بكمية كبيرة [3] .

ومن خلال ملاحظة نماذج أدوات الإضاءة المختلفة سواء فى المتحف الإسلامى بباب الخلق أو بعـــض عيـــنات الفسطاط أو المتحف الإسلامى بكلية الآثار نلاحظ انتشار هذه الظاهرة سواء فى الـــبدن الخارجـــى وفى بعض الأحيان يظهر الزحف فى الجزء الداخلى من البدن وتوضح الصوره رقم (٩) هذه الظاهرة لعينة من الفسطاط .

٧ - التقشر Peeling

وهو على عكس التشرخ Crazing وينتج بسبب وجود قوى ضغط فى التزجيج والتى تزيد عـــن قوة الربط بين البدن والتزجيج ويؤدى ذلك إلى حدوث قص shear لطبقة التزجيج الموجودة عـــند الأطـــراف أو الحواف ويظهر فى صورة شرخ دقيق فى التزجيج وينفصل جزء من التزجيج

---

(1) Riad,Gh.R. ; Flow properties of raw glaze Suspensions , PHD , Faculty of Enginering , Cairo Unversity , 2001 , P . 33 .
(2) Hamer , F . ; Op. Cit., P . 86 .
(3) Kenny , J . B . ; Op. Cit., P . 265 .

عـن البدن ويعد التقشر أقل انتشارا فى التزجيج من التشرخ Crazing والسبب فى ذلك أن التزجيج يتحمل تأثير الضغط عشرة أضعاف تحمله للشد [1] .

ويشـمل ذلـك التزجيج أو التزجيج والبطانة حيث يسقط التزجيج من على سطح البدن فى صـورة قشـور ويظهر ذلك فى حالة وجود بطانة على البدن مرتفع درجة حرارة الحرق أو البدن مـرتفع المسامية وذلك يحدث نتيجة عدم وجود قوة ربط كافية بين التزجيج والبدن وهذا الربط يفقد نتيجة وجود ضغوط . وقد ينتج التقشر أيضا عن عدم التوازن فى كوارتز البدن والتزجيج فإذا كان الـبدن يحـتوى كميات أكبر من الكوارتز فإن الانكماش عند التبريد يكون كبير ويميل التزجيج إلى التقشر [2] .

٨ – الانتفاخ Bloating

ينـتج الانـتفاخ عند حدوث انتفاش فى القطع المحروقة نتيجة تمدد الغازات داخل الأجزاء المـزججة ويحدث هذا العيب أيضا عند حرق البسكويت عند درجة حرارة مرتفعة تؤدى إلى تكوين تـزجج ، وقـد يكـون الانتفاخ فى شكل فقاعات دقيقة جدا وتحدث هذه الفقاعات فى الأجزاء جيدة الحرق [3] .

وينتج الانتفاخ أثناء الحرق حيث ينتج العديد من الغازات من البدن وتخرج هذه الغازات من مسـام البدن فإذا كانت مسام البدن مغلقة بطبقة من التزجيج أو ببطانة مزججة فإن هذه الغازات لا يمكنها الخروج وبالتالى يحدث الانتفاخ .

والغـازات تشـمل أول وثانـى أكسيد الكربون الذى ينتج عند ٧٠٠ – ٩٠٠ °م أما أكاسيد الكبريت المختلفة فتنتج عند ٧٠٠ – ١١٥٠ °م ، والمشكلة الأكبر تنتج وتزداد من الكربون الذى لم يحتـرق احتـراقا كـاملا أثناء مرحلة حرق البسكويت Biscuit Firing حيث أنه يظل فى البدن ويكون غير قادر على التأكسد بسبب عزله عن الجو الخارجى ويتأكسد هذا الكربون بأخذ الأكسجين من أكسيد الحديد ويتفاعل الحديد المختزل كأنه مادة مصهرة كما فى المعادلة :

$$2Fe_2O_3 + C \rightarrow 4\,FeO + CO_2\uparrow$$

ويظهر الانتفاخ عندما يكون البدن مزجج السطحين [4] وتؤدى زيادة كمية الغازات المتكونة إلى زيادة خطورة الانتفاخ [5] .

---

(1) Fraser , H . ;Op. Cit P . 104 .
(2) Buys , S. & Oakly , V. ; Op Cit P . 21 .
(3) Fraser , H . ;Op. Cit P . 18 .
(4) Hamer , F . ; Op. Cit P . 27 .
(5) Fraser , H . ; Op. Cit P . 64 .

٩ – التبثر Blistering

تحدث هذه الظاهرة فى التزجيج الذى يحتوى فقاعات انفجرت فوهاتها وتنتج الفقاعات الغازية بين البدن والتزجيج حيث أن ارتفاع درجة الحرارة ينتج عنه بعض الغازات كما سبق الذكر عند الحديث عن ظاهرة الانتفاخ كما أن بعض المكونات تبدأ فى الغليان والتطاير مثل أكسيد الرصاص فوق ١١٥٠ °م وأكسيد الصوديوم أعلى من ١٢٠٠ °م [1] .

وإذا تعرض التزجيج الرصاصي بشكل مفاجيء للجو المختزل فإنه يكون عرضه للتبثر وذلك لأن أكسيد الرصاص يكون حساس لجو الفرن [2] .

ونلاحظ أن المنطقة المتبثرة تحتوى فوهات لا تعد ولا تحصى وفقاعات وحفر والسبب الرئيسى هو الحرق الزائد والذى يجعل التزجيج المنصهر يغلى كما أن بعض المواد الملونة من أكاسيد وكربونات خاصة المنجنيز تغير حالتها من الأكسدة أثناء الحرق مما يؤدى إلى انتاج غازات تسبب حفر وتبثر فى التزجيج .

$$2MnO_2 \rightarrow Mn_3O_4 + O_2 \uparrow$$

واستخدام مواد بيضاء مثل كربونات الكالسيوم أيضا تؤدى إلى حدوث التبثر [3] .

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow$$

١٠ – الثقوب الإبرية Pinholing

عبارة عن حفر صغيرة فى سطح التزجيج تشبه فتحات الإبرة والأسطح الأفقية عرضة لتكون الحفر أكثر من الأسطح الرئيسية وتنتج هذه الفتحات من انفجار الفقاعات عند فوهاتها [4].

وتظهر الحفر على السطح وتنتج عن نشاط التزجيج أثناء الحرق حيث أن معظم التزجيجات تعانى من تغيرات طورية عند درجات حرارة معينة أثناء الحرق . وتختفي هذه الظاهرة فى التزجيجات مرتفعة اللزوجة عند الحرق لذلك يضاف بعض المواد الخافضة للزوجة مثل فلسبارات الصوديوم أو استخدام الحميص Frit أو نزع بعض المواد التى تسبب ارتفاع اللزوجة مثل الطفلة ، التيتانيوم والزركونيوم [5] .

وقد تكون الحفر كبيرة أو صغيرة وتتشابه فوهاتها مع شكل البركان ، وهناك ظروف عديدة تتسبب فى وجود هذه الحفر مثل وجود الجيوب الهوائية كذلك فإن التزجيج وعملية الحرق لهما دور

---

(1) Hamer , H . ; Op. Cit P .27 .
(2) Rhodes , D . ; Op. Cit P . 247 .
(3) Fraser , H . ; Op. Cit , P . 58 .
(4) Hamer , F ; Op. Cit P . 222 .
(5) Zakin , R ; Op. Cit , P 80.

كبيــر فى وجود الحفر [1] . كما أن البدن المسامى يحتوى على فقاعات تتسبب فى حدوث الحفر ، بالإضــافة إلــى وجــود الكبريتات التى قد تحتويها بعض الطفلات تصل الى السطح عند التجفيف مكونة طبقة بيضاء ينتج عن ذلك غازات نتيجة تفاعل هذه الكبريتات مع التزجيج [2] .

وتظهــر الفقاعــات عــند تفكك التزجيج ويزداد حجم هذه الفقاعات بزيادة درجة الحرارة ، وكلمــا أزداد ســمك التــزجيج زادت كمية الفقاعات بينما تقل كمية وحجم الفقاعات بإنخفاض سمك التزجيج حيث يمكن خروج الفقاعات بسهولة من التزجيج بسرعة أكبر ،وتنتج أيضا من زيادة حرق التزجيج، هذا بالإضافة الى الغازات التى تنتج من بعض المواد مثل كربونات الكالسيوم والدولوميت عند الحرق [3] .

بالإضــافة الــى مــا سبق فإن هناك مظاهر أخرى يمكن ملاحظتها فى أدوات الإضاءة محل الدراســة . تعتمد على عيوب الصناعة ، ومن هذه المظاهر الهشاشة Friabilityحيث أن قوة البدن تــرتبط بكمية التزجج الداخلى الموجودة بالبدن ولكن يكون البدن حساس للتأثر بالتلف من الصدمات الفيزيائية [4] .

بالإضــافة إلى ما سبق فإن هناك مظاهر مرتبطة بالاستخدام مثل اللون الأسود Blackening . وهو أحد مظاهر التلف الناتجة عن استخدام أدوات الإضاءة وذلك نتيجة تحلل " حرق زيت الإضاءة " بالإضــافة إلــى حــرق الفتائل وهذا يؤدى إلى تشويه السطح كما أن هذه الإتساخات تخفى بعض الزخارف أسفلها [5] .

كما أن هناك البقع Stains التى توجد فى أدوات الإضاءة الخزفية نتيجة الاستخدام وما تحتويه مــن زيــت ويتضح ذلك في الصورة (٨) كما أن هناك بعض البقع التى تنتج من استخدام الأسلاك المعدنــية فى أعمال الترميم . بالإضافة إلى البقع الناتجة عن الأملاح وما ينتج عن الدفن من اتربة وعوالق [6] .

---

(1) Rhodes . D . ; Op.Cit., P.246 .
(2) Nelson . G.C.& Burkett , R . ; OP. Cit., P. 261 .
(3) Fraser . H. ; Op. Cit., P. 102 .
(4) Smith . S. ; Op. Cit., 1996 , P . 848 .
(5) Honey borne , D . B.; Op. Cit., P . 165 .
(6) Davison , S . & Tay lor , R . ; Op. Cit., P . 40 .

التآكل Corrosion

يعــرف الــتآكل بأنــه تفاعل كيميائى فيزيائى أو كهربى بين مكونين أو أكثر وطبيعة التفاعل تتشابه مع التفاعلات التى تحدث أثناء الحرق ولكن تأثير التآكل غير مرغوب فيه [1] .

وهــناك نــوعان مــن التآكل أحدهما طبيعى Physical corrosion وهو الذى ينتج عن تأثير العــوامل الطبيعــية مــثل تأثير التمدد والانكماش نتيجة التغيرات الشديدة فى درجات الحرارة ، أما الــنوع الأخر فهو التآكل الكيميائى Chemical Corrosion وهو الذى ينتج عن مهاجمه المحاليل الكيميائية وتفاعلاتها مع مكونات البدن الخزفى ، ومن الصعب إرجاع التآكل إلى عامل محدد وإنما يعتمد التآكل على خصائص الخزف وطبيعة الوسط المحيط بالإضافة إلى العوامل الخارجية [2] .

كمــا أن تأثيــر التآكل على الخواص الميكانيكية للخزف مرتفع الحرق يرجع إلى تطبيق عملية الحــرق حيث أن الشوائب والوقود قد يتفاعلا ويترسبا كعوامل تآكل ملحية وهناك عوامل تؤثر فى تآكــل الخــزف منها تأثير القلويات والأحماض بالإضافة إلى المواد التى تمنع التآكل مثل SiO_2 وكذلك كمية الملح المترسب الذى يؤدى إلى تنشيط الأكسدة .[3]

ويحــدث الــتلف الكيميائـــى للتزجيج وذلك بالهجوم المباشر للماء والحمض مما يؤدى إلى تكوين مكونات غازية مثل CO_2 ، SO_2 وهذا يشبه عمليات الصدأ الذى نلاحظه فى سطح الزجاج الــذى يتميــز بمقاومـــة منخفضـــة وتتكون طبقة من الجل Gel وذلك بإزالة المكونات القلوية : أو الرصاص وينتج عن ذلك زيادة ونمو طبقة صدأ من الكبريتات والكربونات المتبلورة [4] .

ويحــدث التآكل عندما تكون نسب مكونات التزجيج غير سليمة وفى هذه الحالة يتميز التزجيج بعــدم الثبات ، وحتى في حالة أن التزجيج يكون ثابتاً فإن الدفن فى التربة لفترات طويلة خاصة فى ظــروف التــربة الــرطبة يسـبب نزح تدريجى للأيونات المعدنية مثل الصوديوم والبوتاسيوم من التزجيج وقد تكون رقيقة فيتم تآكلها بسهولة [5] . ويحدث التآكل أيضا نتيجة وجود الخزف فى بيئة بها محاليل ذات ملوحة مختلفة أو تحتوى على بعض المواد الحامضية [6] .

---

(1) Grim Shaw, R . W.; Op. Cit . P . 767 .

(٢) ماجـد عـبد الغفـار موسى : مقاومة الخرسانة للمياه الكبريتية والمياه تحت الأرضية . رسالة ماجستير قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الأزهر ، ١٩٨٨ص ٢ .

(3) Smialek , J. L & Jacobson, N . S . ; Mechanism of Strength degradation For hot Corrosion of α . Sic , in: J. Am Ceram . Soc .69 (lo) 1996 , P . 741

(4) Pilz , M . & M , Carthy , B . : Op. Cit P . 29 .

(5) Smith , S . : Op. . Cit , P. 847.

(6) Franklin, U. M. & Vitali,V. ; The environmental Stability of ancient Ceramics, Archaeometry . 27 (1) 1985 , PP.3-15.

ويكـون للمحاليل القدرة على التفاعل مع المكون الرئيسى للخزف ليكون فى النهاية نواتج للتفاعل تكـون قابلـة للذوبان وبالتالى يحدث تآكل مستمر ، ويختلف معدل هجوم المحاليل باختلاف درجة الحرارة ولزوجة السائل وحركته [1] .

ويمكـن تلخـيص الطرق التى يحدث بها التآكل إلى عملية الإذابة أو النزح Dissolution process وتتضـمن هـذه العملية إزاحة أو إذابة أحد مكونات التزجيج القابلة لذلك بعملية التبادل الأيونـى مع أيونات المحلول وينتج عن ذلك طبقة مسامية من التزجيج ، وهناك أيضا طريقة التآكل التفاضـلى Etching process حيث تعمل هذه الطريقة على الإزاحة أو الإذابة شبه الكاملة لسطح التـزجيج وينتج من ذلك طبقة جديدة من سطح التزجيج ، كذلك عملية التحلل Decomposition process التى تتضمن تفكك أو تحلل المواد غير القابلة للذوبان فى المحاليل المختلفة [2] .

كـذلك هـناك مظاهر أخرى مثل الليونة أو التفتت Soft or Crumbling ويظهر ذلك عند وجود الأثـر فـى تـربة رطبه خاصة عندما يكون الخزف غير جيد الحرق وبالتالى يكتسب البدن الماء تدريجـيا ويصـبح ليـنا وذلك عندما يكون البدن مسامى . أما فى حالة التربة الحمضية فقد يتم فقد الكالسيت فى حين أن القطع جيدة الحرق يحدث لها ذوبان للأطوار الزجاجية فى التربة القلوية [3]

ويظهـر الـتآكل مداه في الصورة رقم (١٠) حيث تعرضت قاعدة هذه المسرجة الموجودة بمتحف الفن الإسلامي للضعف والتآكل .

(1) Lay, L . A. ; Op. Cit., P. 38 .

(٢) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٠٠ .

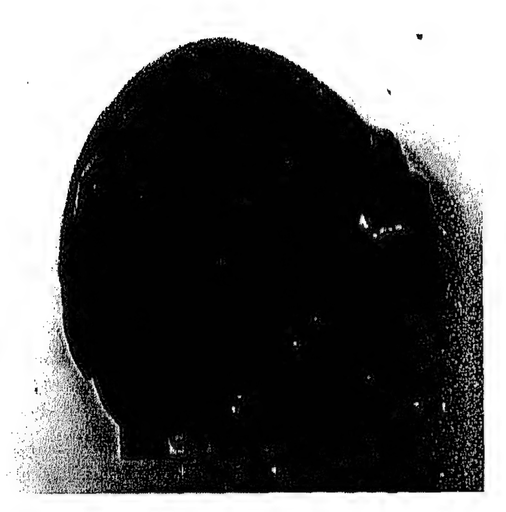
(3) Cronyn , J. M., ; Op. Cit. P. 145 .



صورة رقم (٧) توضح شرخ
بالقاعدة علي شكل حرف S



صورة رقم (٨) توضح الشروخ المنتشرة
في التزجيج



صورة رقم (٩) توضح عدم تغطية طبقة
التزجيج لباقي أجزاء البدن



صورة رقم (١٠) توضح التآكل والضعف
الذي ينتشر بقاعدة مسرجة

الفصل الرابع

دراسة علاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية

مقدمـــة Introduction

ممـــا لا شـــك فيه أن عمليات علاج أدوات الإضاءة الخزفية هى تتويج لكل الدراسات التى تمـت علـــى هـــذه الأدوات من دراسة لخاماتها وتقنية صناعتها وكذلك دراسة خواصها المختلفة، بالإضافة إلى دراسة مظاهر التلف وأسبابه .

وقبل البدء فى عمليات العلاج فإن هناك عملية التسجيل والتوثيق Documentation حيث يـتم عمـــل تســـجيل كامـــل قبل و أثناء وبعد مراحل العلاج المختلفة ، ويتم تسجيل كل مرحلة من مراحل التنظيف والتقوية وغيرها من عمليات العلاج [1] .

وأولى مراحل العلاج هى :

أولا : التنظيف Cleaning

يعبـــر التنظـــيف عـــن إزالة المواد الغريبة غير الأصلية من المادة الأثرية ، وتدخل المواد الغـــريبة من مصادر مختلفة منها الملوثات الجوية وكذلك مواد الترميم السابقة ، والتنظيف هو أهم عمليات ترميم الخزف [2]. وعملية إزالة العوالق من السطح هى عملية ميكانيكية بين البدن الصلب والسائل المنظف وبالتالى يجب على المرمم الحيطة والحذر عند تنظيف السطح [3].

وتعد قوة الربط Adhesion Forces هى المسئولة عن ربط الجزئيات "العوالق " بالسطح ومن الضرورى معرفة قوى الربط بين الجزئيات والسطح وذلك لمعرفة إمكانية الإزالة، حيث تكون القوة كافية للتخلص من هذه العوالق ، وتعتمد قوة الربط على طبيعة المواد العالقة والمادة الأصلية، ومـــن المعروف أن الجزئيات الصغيرة تكون أصعب فى إزالتها من الجزئيات الكبيرة [4] ، وهناك عدة طرق يمكن استخدامها عند التنظيف وهى :–

١ – التنظيف الميكانيكى Mechanical Cleaning

يمـــتد التنظيف الميكانيكى من استخدام الفرش المختلفة ومرورا بالفرر والإبر التى تستخدم فـــي تنظـــيف التفاصـــيل الدقيقة ووصولا إلي الطرق التي يستخدم فيها ضغط الهواء . ومن السهل الـــتحكم فـــى طـــرق التنظـــيف الميكانيكى أكثر من التحكم فى الطرق الكيميائية ، كما أنه لا توجد

---

(1) Feilden , B. M. ; Principles of Conservation , in: Conservation of historic Stone buildings and monuments , National academy Press , Washington , D.C. 1982 , P.26 .
(2) Buys , S.& Oakley , V.: The Conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth , Heinemann , London , 1999 , P.84 .
(3) Alessandrini ,G. et al; The Cleaning of deteriorated stone Minerals , in: Conservation of stone and other materials ,edited by Thiel , M.J., vol. 2, UNESCO,Paris,1993, P. 503 .
(4) Busnaina , A.A.; Surface Cleaning , Particle removal , in Critical Cleaning , by Kanegsberg ,B. & Kanegsberg , E., CRC Press , USA . 2001 , PP.491-504 .

الخطورة التى تنتج عند دخول الأتربة أو العوالق إلى داخل البدن بواسطة المحاليل وتظهر هذه المشكلة فى البدن مرتفع المسامية . وبالرغم مما سبق فإن التنظيف الميكانيكى قد يسبب تلف فيزيائى وذلك بحدوث تآكل او كشط ويظهر ذلك فى البدن منخفض الحرق [1] .

وتستخدم الفرش الناعمة لإزالة الإتساخات والأتربة غير شديدة الالتصاق بالسطح أما إذا كانت شديدة الالتصاق بالسطح فيتم استخدام الفرر والمشارط ولكن برفق شديد [2] .

وتظهر أهمية التنظيف الميكانيكى عند إزالة الترميم السابق الخاطئ[3] ، فقد يتغير لون مادة الترميم أو يحدث لها تدهور وبالتالى يتم إزالتها ميكانيكيا فى البداية ويلى ذلك استخدام المحاليل المختلفة ، وبالنسبة لإزالة الأتربة الخفيفة Removal of fine dust وتكون الأتربة غير ملتصقة بالسطح بقوة فيستخدم هنا الفرش اليدوية أو ممسحة من القطن أو قطعة من القماش ويمكن أيضاً استخدام شفاط الهواء .

وتستخدم طريقة النقر والقطع Picking&Cutting فى حالة الرواسب الصلبة والملتصقة بالسطح مثل الأتربة الناتجة عن عملية الدفن أو مواد الترميم القديم باستخدام الأدوات المناسبة مثل الإبر والفرر والمشارط الحادة وقد يقوم المرمم بإعداد أدوات مناسبة وفقا للحالات التى يصادفها .

أما طريقة الكشط والحك Abrading فتستخدم فى إزالة الترسيبات السطحية بواسطة أدوات صلبة مثل الفرش المصنوعة من الفيبرجلاس أو الة تنظيف الأسنان ويجب أن تكون هذه الأدوات ذات صلادة أكبر من صلادة الإتساخات وأقل من صلادة البدن الخزفى حتى تؤثر على الإتساخات دون أن تؤثر على البدن .

وهناك أيضا طريقة المسحوق والعجائن Powders and Putties حيث أن مسحوق المطاط يستخدم لإزالة الأتربة والعوالق من فوق السطح وذلك بوضع المسحوق على السطح ويتم مسحة بواسطة أصابع اليد بحركة دائرية لأصابع اليد حيث تلتصق الإتساخات بالمسحوق ويمكن إزالتها بالفرشاة[4].

---

(1) Buys , S.& Oakley , V. : OP Cit , P. 86 .

(٢) نجوى سيد عبد الرحيم : دراسة علمية لعلاج وصيانة المواد المصنعة المستخدمة فى تزيين المشغولات الأثرية فى مصر القديمة خلال الدولة الحديثة والعصر المتأخر ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ٢٠٠٣ ص ١٢٩ .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقا على بعض النماذج الفخارية من المتحف القبطى ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ٢٠٠٣ ص ١٢٥.

(4) Buy , S . & Oakley , V. ;OP Cit . P. 87 .

٢ – التنظيف الكيميائى Chemical Cleaning

يعتمد التنظيف الكيميائى على استخدام المحاليل والمذيبات المختلفة حيث تتفاعل هذه المحاليل مع المواد المرتبطة بالسطح وتعمل على إزالتها ، ويكون التنظيف الكيميائى أسرع من التنظيف الميكانيكى كما أنه يعطى تنظيف جيد إلا إنه قد يعمل على إزالة الطبقة المعروفة بالباتنا Patina [1] .

وتتحدد كفاءة مواد التنظيف من خلال الشد السطحى Surface tension فإذا كان الشد السطحى للمحلول مرتفع فإنه يكون قطرات كروية ويكون الاتصال مع السطح أقل ما يمكن خاصة فى حالة الماء والسطح الدهنى . ومن ناحية أخرى فإن المحاليل منخفضة الشد السطحى تسبب أقصى بلل للسطح مثل الماء على المعدن [2] .

وأولى المواد التى يتم استخدامها فى التنظيف الكيميائى هو الماء H_2O الذى يطلق عليه المذيب القطبى Polar Solvent ، ويعد الماء من المواد التى ليس لها أضرار وهو الأكثر تأثيرا لإزالة العوالق ويزيل الجزئيات المعدنية ويذيب الرواسب المختلفة وآثار الدفن ، ويستخدم الماء الخالى من الأيونات deionised water وإذا لم يتيسر وجوده يستخدم الماء المقطر distilled water الذى يفضل عن ماء الصنبور [3] .

وهناك عدة عمليات تصاحب استخدام الماء فى التنظيف (وهى التنديه والاستحلاب والذوبان والتصبن) حيث أنه فى التنديه Wetting يتغلغل الماء إلى السطح وتقل قوة الربط بين السطح والرواسب الموجودة عليه وذلك من خلال تقليل الشد بين السطح والعوالق . أما الاستحلاب Emulsification فيحدث فيه تندية أولا ثم يلى ذلك تبادل بين السوائل غير القابلة للامتزاج . فى حين أن الذوبان Solubilization هو عملية زيادة ذوبان المادة . أما التصبن Saponfication وهو التفاعل بين الزيوت العضوية المحتوية على أحماض أمينية مع قلويات حرة لتكوين صوابين.

– أحماض أمينية غير ذائبة + قلوى = صابون يذوب فى الماء [4] .

---

(١) محمد عبد الهادى وحسان عامر : التنظيف الميكانيكى للحجر الرملى . الملتقى الثالث لجمعية الآثاريين العرب – الندوة العلمية الثانية ٢١–١٣ نوفمبر ٢٠٠٠ مطبعة جامعة القاهرة . الجزء الثانى ص ١٢٦٨ .

(2) Stambolov , T.; The deterioration and Conservation of Porous building materials in monuments , second edition , Rome , 1976 . P.36 .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٦ .

(4) Bockhorst , R.& Beeks , M. and Keller , D. ; Aqueous Cleaning Essentials , in Critical Cleaning . by Kanegsberg , B . and Kangsberg E. , CRC Press , USA . 2001 . PP.37-58 .

وقـد لا يعطى الماء نتائج جيدة وفي هذه الحالة نلجأ إلى استخدام بعض الإضافات مع الماء والتـى تسـاعد فـى التنظيف بكفاءة أكبر فقد يضاف فوق أكسيد الهيدروجين أو الأمونيا أو بعض المذيبات العضوية مثل الكحول أو الأسيتون لزيادة تبخر الماء [1] .

- **فـوق أكسيد الهيدروجين Hydrogen Peroxide H_2O_2** يستخدم فى إزالة البقايا العضوية مـثل بقـع السـناج والبقع الدهنية والشمعية كما يستخدم فى إزالة بقع كبريتيد الحديد السوداء ويكمـن نشـاط فوق أكسيد الهيدروجين فى أنه ينحل أثناء التفاعل وينتج عنه الماء والأكسجين النشط الذى يزيل اللون الناتج عن الإتساخات[2].

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O \uparrow$$

ويسـتخدم فـوق أكسيد الهيدروجين بتركيز ٣% فى الماء وذلك لتنظيف الفقاعات و الحفر الموجودة بالسطح ويمكن زيادة تركيز المحلول إلى ١٠ – ١٥ – ٢٥% وذلك عند الضرورة[3].

ويعتبـر فوق أكسيد الهيدروجين من المبيضات Bleaches حيث يعمل على إزالة الألوان غيـر المـرغوب فيها والتى تسببها الإتساخات ، ولإحداث عملية التبييض يستخدم ٢٠ سم محلول H_2O_2 بتركيز ٦% ويتم التنظيف موضعيا يتبعه الشطف بالماء فيعطينا النتيجة المطلوبة. وفى حالة اسـتخدام H_2O_2 علـى الـبدن المسـامى فيجب إجراء اختبارات أولية لمعرفة درجة تأثرها ومدى امتصاصها له إضافة إلى معرفة قدر ترسبه بها لأن بقايا فوق أكسيد الهيدروجين تظل نشطه داخل البدن الخزفى ، وعند وجود بقع سوداء (قد تكون ناتجة من البكتيريا والفطريات ومركبات الأسفلت) يـتم استخدام محلول ٣% من فوق أكسيد الهيدروجين مع الماء المقطر لمدة ٢٤ ساعة وبعد زوال البقع يعالج السطح بالماء المقطر لمدة ٤٨ ساعة [4] .

ويستخدم فوق أكسيد الهيدروجين فى تنظيف الشروخ حيث توضع كمادة من القطن المغمور فى H_2O_2 وتوضع على طول الشرخ وتترك الكمادة لمدة كافية ثم يتم إزالتها حيث يعمل فوق أكسيد الهيدروجين على نزح وخـروج الإتساخات وترسيبها داخل الكمادة [5] .

---

(1) Kanegsberg , B.; Overview of Cleaning agent , in Critical Cleaning by Kanegsberg , B. and Kanegsberg , E., CRC Press , USA , 2001 , PP.3-20 .

(٢) رجـب أبو الحسن : دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقات على منطقة حفائر تل حسن داوود عصر ما قبل الأسرات ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠١ ، ص ١٣٠ .

(3) Gibson, B. M. ; Methods of removing white and black deposits, Studies in Conservation , 1971 , PP .18- 23 .

(٤) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣١ .

(٥) فاطمـة صـلاح مدكور : دراسة تقنية وعلاج وصيانة البلاطات الخزفية الأثرية فى مصر مع التطبيق العملى على بعض النماذج من العصر العثمانى وعهد محمد على ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ١٩٩٩ ، ص ٩٥ .

وقـد يضاف إلى فوق أكسيد الهيدروجين قطرة أو قطرتين من الأمونيا حيث تعمل الأمونيا كعامـل مسـاعد " محفـز " Catalyst وقد يعمل هذا المحلول على تغير لونى Discoloration للـبدن. كما أن فوق أكسيد الهيدروجين يجب ألا يطبق مباشرة على سطح جاف حيث أن ذلك يؤدى إلـى تثبيت البقع دائما ولكن يجب أن تبلل القطعة فى ماء بارد . وبعد ذلك يطبق المحلول بواسطة القطن ولا يجب أن تجف الكمادة وإنما يجب تنديتها دائما وبعد إزالة البقع يتم غسلها بالماء . أما إذا كانت البقع شديدة الالتصاق فإنه يمكن استخدام تركيز أعلى وكمية ماء أقل [1] .

– **محلـول الأمونـيا (OH) NH_4** وهذا المحلول عبارة عن هيدروكسيد أمونيوم وعادة ما يستخدم بتركيـز ٣٥% مع الماء (هذا التركيز مرتفع جدا ولا ينصح باستخدامه) ويستخدم هذا المحلول فى إزالة بقع السناج وأى بقايا من أصل عضوى ويستخدم أيضا لإزالة بقع النحاس ، وقد يستخدم خليط من محلول الأمونيا لإزالة شموع الشيلاك وكذلك الشحوم الحيوانية ويتم التنظيف بواسطة كمادة من القطن لمدة ١٢ ساعة ويلى ذلك غسل القطعة جيدا بالماء [2] .

أمـا بقع القار فيمكن إزالتها بمحلول ذو نسب متساوية من (Ammonia + Benzene + Methanol) ويشـبع القطـن بهـذا المحلول وتنظف به مواضع البقع مع تغيير القطن حتى اختفاء اللون الأسود وبعد ذلك يعالج السطح بالماء المقطر ويجفف [3] .

– **القلـويات Alkalies** بالإضـافة إلـى الأمونـيا هناك هيدروكسيد الصوديوم NaOH وكذلك كـربونات الصوديوم Na_2CO_3 وبيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ التى تزيل الدهون الحيوانية والشموع ولكنها تؤثر علي البدن والترجيج ، كما تنمو البلورات الملحية عند عدم الإزالة الكاملة لهذه القلويات [4] .

– **محلول EDTA**   **Ethylene Diamine tetra Acetic Acid** ورمزه

$$\begin{array}{ccc} HOOC\,.\,CH_2 & & CH_2\,COOH \\ & N - CH_2 - CH_2 - N & \\ HOOC\,.\,CH_2 & & CH_2\,COOH \end{array}$$

يتميز بقدرته على استخلاص الأيونات المعدنية ويستخدم بتركيز ٥% [5] ،ويفيد هذا

(1) Acton, L . & McAuley , P. ; Repairing Pottery and Porcelain , Herbert Press , London , 1996. P . 28

(2) Buys , S. & Oakley , V. ;OP Cit . P. 183 .

(3) .الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٨ .

(4) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P.90 .

(5) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣٥ .

المحلول فى إزالة بقع الحديد [1] .

- **محلــول الكالجــون Calgon** وهــذا هــو الاســم التجاري لسداسي ميتا فوسفات الصوديوم Sodium Hexa meta Phosphate و يــتم تحضــيره فى الماء الدافئ بنسبة ٢ – ٣% ويتم التقلــيب جــيدا لإذابة المسحوق ويفيد المحلول فى إزالة كل الإتساخات والدهون العالقة بالسطح وفى حالة البقع العنيدة يتم تغيير المحلول وتترك لمدة أطول [2] .

- **المذيبات العضوية Organic Solvents** تستخدم المذيبات العضوية فى عمليات ترميم الخزف وذلــك لإزالــة بعــض الإتساخات أو إزالة الترميم القديم وكذلك تستخدم فى تطبيق البوليمرات كلواصــق أو مقــويات ويسمى هذا النوع من التنظيف بالتنظيف الجاف Dry Cleaning ونلجأ إلــيه عــندما لا تســمح حالة الأثر باستخدام الماء . وأهم أنواع هذه المذيبات الهيدروكربونات Hydrocarbons وتشــمل الكحول الأبيض $CH_3\ CH_2\ OH$ وهو مذيب جيد للزيوت والدهون والشموع والقار وبعض الأصباغ وإزالة الترميم القديم وكذلك التولوين Toluene $C_6\ H_6\ CH_3$ والــزايلين Xylene $C_6\ H_6(CH_3)_2$ ، ويتميز التولوين بأنه أكثر تطايراً من الزايلين ويساهم كل مــنهما فــى إزالــة لواصــق (PVA) Poly Vinyl Acetate و(Poly Vinyl PVAL Alcohols) وبعض الأصماغ الطبيعية ومشتقات السليلوز .

- **الهيدروكــربونات الكلــوريدية Chlorinates hydrocarbons** وتعمل هذه المجموعة على إنــتفاش البوليمــرات القديمة ومن أمثلتها الكلورفورم ورابع كلوريد الكربون وثلاثى كلورو الإيثان وثنائــى كلــورو الميثان وتفيد هذه المجموعة أيضا فى إزالة الترميم القديم وكسر روابط اللواصق القديمة مثل الايبوكسى والشيلاك والمطاط والبولى استر والاكريلات [3] .

- **الكحــولات Alcohols** تتميــز هــذه المجموعة بوجود مجموعة الهيدروكسيل (OH) ومن أهم أنواعه الإيثانول Ethanol (C_2H_5OH) ويستخدم مع فوق أكسيد الهيدروجين أو الأمونيا فى إزالة البقع الصعبة وكذلك هناك الميثانول Methanol CH_3 OH والايزوبروبانول Isopropanol ((CH_3) CH OH) .

- **الكيــتونات Ketones** وأشــهر المذيــبات هى الأستيون Acetone CH_3COCH_3 ويستخدم لإزالة الزيوت والدهون وبعض أنواع الشموع وبعض طلاءات الأكريليك [4] .

---

(1) Hamilton, D.H.L.: Methods of Conserving Archaeological materials Culture, Conservation of archaeological resources , USA , 1994 , P.18 .

(٢) فاطمة صلاح مدكور : المرجع السابق . ص ٩٤ .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٩ .

(4) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit 186 .

بالإضافة إلى المواد السابقة الذكر فإن هناك بعض الطرق الأخرى التي تستخدم فى التنظيف ومن هذه الطرق :-

- الكمادات Poultices

وهى عبارة عن مواد تسحب البقع من البدن الخزفى [1] وفى هذه الحالة تحل الكمادات محل المذيبات والمحاليل سالفة الذكر وذلك فى إزالة البقع من فوق تلك الأسطح وخاصة إذا كانت تلك البقع صعبة وممتصة داخل مسام البدن [2]. ونظرا لعدم الميل إلى استخدام المواد الكيميائية الحامضية والقاعدية والطرق الميكانيكية مثل السفح بالرمال لذلك لجأ البعض إلى تنظيف السطح باستخدام العجائن والكمادات الماصة مثل لب الورق،العجائن السليلوزية والطفلات [3] .

- **كمادة السيبوليت Sepiolite** وهى طفلة طبيعية ذات لون رمادى وتحتوى نسبة من سيليكات الماغنسيوم المائية وتتميز جزئياتها بالشكل الإبرى ويوجد بداخل هذه الجزئيات (٢٤ – ٢٧) قناة طولية وذلك لتساهم فى خلق نظام المسام ، وهذه المسام مسئولة عن امتصاص المحاليل التى تمتزج بها لتشكل العجينة .

- **كمادة اللابونيت Laponite R.D** وهى عبارة عن طفلة بيضاء دقيقة استخدمت بنجاح فى إزالة البقع من البدن الخزفى ويساعد الشكل الصفائحى للجزئيات فى تأثيرها كوسط قادر على إزالة البقع، كما أن طبيعتها نصف الشفافة يساعد فى إمكانية ملاحظة إزالة البقع [4] .

وهذه الطفلة صناعية تستخدم فى إزالة الدهون والبقع ، ولكن القطع يجب أن تغمس فى ماء بارد لمدة ساعتين قبل تطبيق اللابونيت ويعمل المحلول طبقة جيلاتينية سميكة ، وتغطى القطعة بطبقة ٣ – ٤ مم وتعمل هذه الطبقة تدريجيا على سحب البقع أثناء الجفاف وبعد ذلك يتم إزالة الكمادة وتغسل القطعة وتكرر هذه العملية حتى يتم التأكد من التنظيف التام . وفى حالة البقع العضوية فإن القطعة يتم غمسها أولا فى منظف ثم ماء بارد ثم اللابونيت وقد يضاف كحول أبيض أو كحول مثيلى وذلك لتكون المعالجة فعالة ، وقد يضاف أمونيا أو فوق أكسيد الهيدروجين لإزالة الدهنيات والبقع [5] .

- **كمادة الأتابولجيت Attapulgite** وهى طفلة طبيعية تتكون من سيليكات الماغنسيوم والألومنيوم المائية وتكون فى صورة سلاسل ثلاثية الأبعاد ويمنعها هذا التركيب الثلاثى الأبعاد من

---

(1) Acton , L. & McCauley , P . ; Op. Cit P. 28 .
(2) Buys , S. & Oakley , V. : Op. Cit P. 187 .
(3) Barbosa, A. C. et al; The use of Brazilian Bentonite for Cleaning Purposes, in: conservation of stone and other materials , Thiel , M.J. vol. 2 , Paris , 1993 , P.550 .
(4) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 187 .
(5) Acton , L.& McCauley , P . ; Op. Cit P . 28 .

الإنتفاش ، وهذه الطفلة لها القدرة على امتصاص كميات كبيرة من السوائل حيث أن ١٠٠٠ جم من الأتابولجيت يمكنها أن تمتص ١٥٠٠ جم من الماء دون أن يتغير حجمها [1] .

بالإضـــافة إلى الطرق والمواد السابقة فإن العلم الحديث أعطى مجال الترميم طرق وأجهزة حديـــثة أمكـــن الاســـتفادة مـــنها فى عملية التنظيف وأهم هذه الطرق التنظيف بالإنزيمات وكذلك الموجات فوق الصوتية بالإضافة إلى استخدام الليزر فى التنظيف .

أ – التنظيف بالإنزيمات Cleaning by Enzymes

الإنـــزيمات هى مواد معقدة وسيطة تهضم المواد العضوية المعقدة غير الذائبة وتحولها إلى مـــواد بســـيطة قابلـــة للذوبان فى الماء ، حيث يحول أنزيم البروتيز البروتين إلى أحماض أمينية و يحـــول أنـــزيم الديســـاتيز النشـــا إلى سكريات بسيطة ويحول أنزيم الليبيز الدهون إلى مستحلبات دهنية [2] .

وتـــوجد العديـــد من الأنزيمات فى جسم الإنسان لتقوم بهضم المواد العضوية المعقدة غير القابلة للذوبان وتحويلها إلى مواد بسيطة قابلة للذوبان فى الماء فهى تستطيع تكسير البروتين والنشا والدهون ، وتستخدم الأنزيمات فى تنظيف الأسطح الأثرية من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون التـــى قد توجد وتجعلها قابلة للذوبان فى الماء والإزالة ، ويمكن القول أن اللعاب الأدمى Human Saliva يحتوى كمية كبيرة من أنزيم الأميليز الذى يعطى نتائج جيدة فى التنظيف [3] .

ومـــن أهم هذه الإنزيمات Alcalase الذى يتميز بقدرته على القيام بعملية تحلل لكل أنواع البـــر وتيـــنات فى حين أن إنزيم Celluzume يقوم بعملية تحلل لبوليمرات الجلوكوز Glucose polymers أما إنزيم Lipolase فيقوم بعملية التحلل للمواد الدهنية [٤] .

ب – التنظيف بالموجات فوق الصوتية Cleaning by Ultrasonic Waves

يعتبـــر استخدام الموجات فوق الصوتية فى التنظيف من الطرق الجيدة وتعطى نتائج دقيقة حـــيث يمكن عن طريقها إزالة الإتساخات من على الأسطح التالفة والتى تكون متهالكة وضعيفة كما أنها تمكن من تنظيف الحفر الدقيقة التى توجد على السطح نتيجة لعوامل التلف وتتم عملية التنظيف إمـــا عن طريق آلة دقيقة كالتى يستعملها طبيب الأسنان فى التنظيف أو عن طريق مصدر للموجات

---

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P. 187 .

(٢) حسام الدين عبد الحميد محمود : المنهج العامي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية . دار المعارف . القاهرة . ١٩٨٤ . ص ١٤١.

(٣) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣٨.

(4) http: // www. Consemp. Com/catalog/c.html # enzymes.

فوق الصوتية وكذلك إناء صغير Tank يوضع به محلول من هيدروكسيد الأمونيوم Ammonium hydroxide [1] .

وتفيد هذه الطريقة فى حالة المناطق الدقيقة جدا مثل المناطق غير المستقرة كالزخارف غير جيدة الحرق ومناطق التزجيج الضعيفة والمفككة حيث يمكن باستخدام هذه الطريقة إزالة الإتساخات من على الأسطح التالفة المحتوية على حفر دقيقة أو التزجيج الذى أصبح قديم ومتهالك [2] .

ج – التنظيف بالليزر Laser Cleaning

لقد استخدم الليزر حديثا فى تنظيف الأعمال الفنية الملونة وتخليصها من نواتج التلف وخاصة العضوية منها ويعتمد التنظيف بالليزر على التعرف الجيد لطبقات الأثر حيث يمكن إزالة طبقات بسمك ٢٠ – ٣٠٠ ميكرون . وكل مرحلة من مراحل التنظيف لها طاقة قصوى خاصة بها إما فى إزالة الطبقات السميكة أو الطبقات الرقيقة من الإتساخات [3] .

ويشبه التنظيف بالليزر الطرق الميكانيكية التى يستخدم فيها الفرش والمشارط والفرر أو كالطرق الكيميائية التى تعتمد على إزالة الطبقة السطحية وبذلك يمكن استخدام الليزر لتحسين طرق التنظيف به وبذلك نحصل على صيانة أفضل للأثر ، وكذلك التلف الناتج عن تأثير الكائنات الحية الدقيقة التى قد تسبب تبقعا فى سطح التزجيج هذا بالإضافة إلى مواد الترميم التى يمكن أن تكون قد استخدمت منذ زمن مثل البوليمرات التي يتغير تركيبها ويتغير لونها ويكون التنظيف الكيميائى مضرا للأثر لأن هذه الطبقة تكون لصيقة بالسطح وكونت طبقة تشبه الجيل Gel-Layer . ويمكن تقسيم صور الإزالة المختلفة المستخدمة إلى ثلاث مجموعات رئيسية:–

١ – إزالة حرارية ضوئية Photo Thermal Ablation

وتعتمد هذه الحالة على التأثير الحرارى ولذلك فهى تتعلق بدرجة الحرارة .

٢ – إزالة بالتأثير الكيميائى الضوئى Photo Chemical Ablation

ويعتمد على أثر الطاقة المشعة فى إحداث التغيرات الكيميائية وتكون على صلة مباشرة بالروابط الكيميائية التى تكسر .

---

(١) نجوى عبد الرحيم : نفس المرجع ص ١٣٠ .

(2) Buys , S. & Oakley , V.; Op. Cit P.91 .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٢٦ .

٣ – الجمع بين تأثير ١ ، ٢ Combination of 1 and 2

وللحصول على كل منهما فإنه يجب عند استخدام أشعة الليزر فى التنظيف استخدام ذبذبة قصيرة من أشعة الليزر [1] .

بالإضافة إلى المواد والطرق السابقة فإنه لابد من الحرص والحذر عند التنظيف حيث أن الاستخدام الزائد للطرق الميكانيكية يؤدى إلى كشط ، أما الاستخدام الزائد للمواد الكيميائية فيؤدى إلى ضعف البدن [2] وبالنسبة لتنظيف الشروخ الدقيقة التى تبدأ عند أحد الحواف وتتوقف فى منتصف القطعة وقد يكون الشرخ غير ملاحظ وبمرور الوقت فإن الشرخ يمتلئ بالأتربة وبالتالى فإنه يحتاج إلى تنظيف ويستخدم لذلك فرشاة دقيقة جدا وقد يستخدم محلول كلوريد البوتاسيوم[3].

إزالة مواد الترميم القديم Removal of Previous restoration Materials

تعد إزالة مواد الترميم الخاطئة من العمليات الضرورية عند القيام بأعمال إعادة الترميم وذلك لما تتعرض له هذه المواد من تدهور وتغير فى الشكل والخواص بما لا يتناسب مع المادة الأصلية الأثرية لذلك كان الاهتمام بإزالة مواد الترميم غير السليمة سواء كانت مواد استكمال أو مواد استخدمت فى اللصق .

١ – إزالة المواد المالئة Removal of filling materials

قد تكون هذه المواد جبس أو راتنجات صناعية مثل الايبوكسى أو الاكريليك أو البولى استر ويمكن تمييزها من خلال اللون والنسيج والصلادة .

وبالنسبة لإزالة مواد الاستكمال فإن الطرق الميكانيكية قد تكون هى الطريقة المفضلة خاصة فى حالة إزالة مساحة كبيرة من الاستكمال أو عند إزالة كتلة ، وعلى سبيل المثال فإن الجبس الذى استخدم فى الاستكمال على نطاق واسع يفضل استخدام الطرق الميكانيكية عند إزالته وفى بعض الأحيان يتم تطريته أولا بالماء .

وتعتمد الأدوات التى يمكن استخدامها على شكل ومكان الجزء المستكمل حيث تستخدم أدوات متنوعة فقد يستخدم المشرط أو الإبر أو المثقاب Drill ويقوم المرمم بعمل مجموعة من الثقوب فى الجزء المستكمل وبعد ذلك يتم توصيل الثقوب ببعضها البعض ، أما البقايا التى تظل على الحواف فيمكن استخدام الطريقة الكيميائية معها حتى لا يحدث خدش للحواف ، وتستخدم

---

(١) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣١ .

(2) Cronyn , J.M.; The elements of archaeological conservation, Routledge, New York, USA , 1996 , P.. 148 .

(3) Michel , J . ; The Restorer's hand book of Ceramic and Glass , Canada , 1976 , P.14 .

المذيبات فى إزالة بقايا مواد الاستكمال أو إزالة أجزاء صغيرة جدا ، حيث يستخدم الماء فى إزالة الطفلة غير المحروقة والتى استخدمت فى الاستكمال فى بعض الأحيان حيث تذوب فى الراتنجات الصناعية مثل راتنجـات الايبوكسى وراتنجان الاكريليك وراتنجات البولى استر .

٢ – إزالة اللواصق Removal of adhesives

ويتم ذلك على مرحلتين أولهما فصل الجزأين الملتصقين والمرحلة الثانية هى إزالة بقايا المادة اللاصقة الموجودة على الحواف .

وبالنسبة لطرق إزالة المواد اللاصقة فإن هناك الإزالة الميكانيكية التى تبدأ بإزالة كمية من المادة اللاصقة باستخدام المشرط أو أبره ويتم ذلك فى حالة وجود المادة اللاصقة بكمية زائدة على السطح وتكون الطرق الميكانيكية مفيدة بعد فصل الأجزاء الملتصقة ، ويجب الحذر عند استخدام الطرق الميكانيكية حيث أنها تؤدى إلى كشط سطح الخزف أو التزجيج . أما بالنسبة للإزالة الكيميائية أو أستخدم المذيبات العضوية فأن ذلك يعتمد على معرفة نوع المادة اللاصقة من خلال اللون والخصائص الفيزيائية الأخرى ، ويتم ذلك باختبار جزء من المادة اللاصقة ، وتستخدم المذيبات إما بالغمر أو باستخدام كمادة من القطن أو يخلط المذيب مع كربوكسى ميثيل سليلوز Carboxy methyl Cellulose وتغطى المادة بالبولى إثيلين Poly ethylene .

– **الغراء الحيوانى Animal glue** يظهر بلون أصفر إلى بنى ويذوب فى الماء الدافئ .

– **البيتومين . Bitumen** يكون صلب وأسود وهش ويذاب فى الهيدروكربونات الأروماتية[1].

ثانيا : استخلاص الأملاح Removal of salts

يمكن تقسيمها تبعا لقابليتها للذوبان فى الماء إلى أملاح قابلة للذوبان فى الماء و أملاح غير قابلة للذوبان فى الماء [2].

أ – الأملاح القابلة للذوبان فى الماء Soluble Salts

منها أملاح الكلوريدات Chlorides والنيترات Nitrates والفوسفات Phosphate حيث تتميز هذه المجموعة بهيجروسكوبيتها وقد تكون هذه الأملاح فى صورة أبرية ويمكن أن تزال بالغمر فى حمام ماء غير أيونى de–ionized water وفى حالة ضعف القطع الأثرية يجب عمل تقوية مبدئية إذا كانت ضعيفة ويستخدم لذلك Paraloid B.72 أو يستخدم النايلون الذائب Soluble Nylon لتثبيت السطح قبل الغسيل [3].

---

(1) Buys, S. & Oakley, V. ; OP Cit P.78.

(٢) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٤٠ .

(٣) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٣٣ .

ويمكـــن الـــتحكم فى مشكلة الخزف الأثرى المحتوى على أملاح قابلة للذوبان فى الماء إما بالتحكم فى الرطوبة النسبية أو استخلاص الأملاح Desalination [1] .

ويمكن إزالة الأملاح القابلة للذوبان فى الماء عن طريق الغسيل بطريقتين :-

- الإزالة فى مياه جارية . Desalination in running water.

يتم البدء بماء الصنبور غير المحتوى على نسبة مرتفعة من الأملاح وبعد ذلك يتم استخدام الماء المقطر وتؤخذ عينات من الماء لتحديد درجة الملوحة .

- إزالة فى الماء الساكن Desalination in Static water .

وفـــى هذه الحالة توضع القطعة فى حوض نظيف وتضاف ببطء كمية أولية من الماء حيث أن إضافة الماء بسرعة قد يتسبب فى خروج الهواء بسرعة مما يؤدى إلى حدوث ضغط على سطح القطع وقد تستخدم الكمادات poultices لهذا الغرض[2]. تبعا لحجم القطع المعالجة.

ب – الأملاح غير القابلة للذوبان Removal of Insoluble salts

أهـــم هـــذه الأمـــلاح كربونات وكبريتات الكالسيوم والسيليكات ويفضل إزالة هذه الأملاح ميكانيكيا باستخدام الأدوات المناسبة .

ويســـتخدم محلـــول Ethylene Diamine Tetra acetic acid (EDTA) بتركيـــز ٥% لإزالة التكلســـات الجيـــرية [3] . ويســـتخدم محلول ثيوكبريتات الصوديوم Sodium thio Sulfate $Na_2S_2O_3.5H_2O$ بنســـبة ١٠% مع الماء أو محلول كربونات الأمونيوم بنسبة ١٠% مع الماء ثم الغسيل للأماكن المعالجة جيدا بالماء [4] .

بالإضـــافة إلـــى ما سبق فإن أحد المشاكل الفعلية للترجيج هى التشقق الذى غالبا ما يحدث نتـــيجة تمـــدد الأمـــلاح الممتصة بالبدن الخزفى ولذلك يجب استخلاص هذه الأملاح قبل البدء فى الـــتقوية وعـــادة مـــا تكون هذه الأملاح قابلة للذوبان فى الماء ويمكن إزالتها بغمر القطعة فى ماء مقطر ، ويجب الحذر حتى لا يحدث تساقط لطبقات الترجيج المنفصلة [5] .

---

(1) Paterakis , A. , B . & Nunberg, S., : The stabilization of archaeological pottery in an Excavation study collection through relative humidity control and through desalination, in Le Desselement des Materiaux poreux , Paris, 1996 . PP . 137-144 .

(٢) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٤٢ .

(3) Hamilton , D. ; Op. Cit . P .18 .

(٤) فاطمة صلاح مدكور : المرجع السابق ص ١٠٣ .

(5) Larney , J . ; Restoring Ceramics , Barrie & Jenkins London , 1975 , P . 66 .

ثالثا : التجميع Bonding

إن عملية الربط أو التجميع هى عبارة عن ضم الأجزاء المكسورة معا لإعادة الأثر المهشم إلى صورته وشكله الطبيعى الذى كان عليه قبل الكسر و يمكن تسميته إعادة بناء القطعة الأثرية [1] .

والغرض من استخدام المواد اللاصقة Adhesives هو تجميع الأجزاء المكسورة معا وذلك بتكوين روابط لكلا السطحين، والخطوة الأولى هى اختيار المادة اللاصقة حيث يجب التأكد من أن اللصق كاف ومناسب لسطح المادة . ويجب مراعاة أن تلوث السطح يؤثر على مدى الالتصاق بين المادة اللاصقة والسطح وذلك لأن الملوثات تضعف الالتصاق بالسطح وهذا يمنع الاتصال المباشر بين اللاصق والسطح [2] . وفيما يلى أهم نظريات الالتصاق .

- نظريات الالتصاق Theories of Adhesion

هناك عدة نظريات للالتصاق . حيث أن العلاقة بين السطح الصلب والسوائل" التى عادة يطبق اللاصق فى صورتها ، توزيع المادة اللاصقة حيث ان فهم هذه العلاقة يوضح ظاهرة الالتصاق Phenomena Adhesion وهذه النظريات هى :-

أ – النظرية الميكانيكية " الفيزيائية " Mechanical Theory

تعد أقدم النظريات وتعتمد على التغلغل داخل السطح وكذلك المسامية .

ب – نظرية الانتشار Diffusion Theory

تعتمد هذه النظرية على استقرار البوليمر على أحد الأسطح وينتشر البوليمر على السطح الأخر حيث تكون جزئيات البوليمر كبارى أو روابط تبدأ عند أحد الأسطح وتنتهى عند السطح الأخر .

جـ – النظرية الكهربية Electro static Theory

وتعتمد هذه النظرية على حساسية البوليمر للضغط وكذلك وجود الشحنات على السطح .

---

(1) محمد محمد مصطفى : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك فى مصر مع ترميم وصيانة قطع فخارية أثرية ، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩١ ص ١٤١ .

(2) Bradley, S.; Strength testing of adhesives and Consolidants for conservation Purposes ,in: adhesives and consolidants ,edited by Brommelle , N.S. et al , IIC , London , 1984 , PP.22-25 .

د – النظرية الفيزيوكيميائية Physio-Chemical Theory

وتضـــم هـــذه النظـــرية الإدمصـــاص الفيزيائـــى Physical adsorption وهذه هى أكثر النظـــريات شـــيوعا واستخداما حيث أنها تعتمد على قوى فاندرفال Vander Walls بالإضافة إلي الإدمصـــاص الكيميائـــى Chemical adsorption وتصـــاحب هـــذه العملية الامتصاص ويكون الإدمصـــاص الكيميائـــى أقل استرجاعية من الادمصاص الفيزيائى ، ويحدث فى هذه العملية روابط هيدروجينية أو من خلال التبادل الأيونى [1] .

– الشروط الواجب توافرها فى المادة اللاصقة

١ – قوة اللاصق Strength of adhesive Bond.

يجـــب أن تكون المادة اللاصقة ذات قوة كافية لربط الكسر وإعطاء القطعة قوة مناسبة بعد التجمـــيع تمكننا من تناولها ونقلها ، وبصفة عامة فإن اللواصق المستخدمة يجب أن تكون ذات قوة أضـــعف من مادة الأثر نفسه حتى لا ينتج عنها ضغوط وكذلك يمكن إعادة فكها إذا أحتاج الأثر إلى إعادة ترميم مرة أخرى [2] .

٢ – الإسترجاعية Reversibility

يجـــب أن تتوافـــر فى مادة اللصق خاصية الإسترجاعية حتى لا تتعرض القطعة للتلف مرة أخرى عند فكها . حيث نجد أن نترات السليلوز والبارالويد ب٧٢ والتى يستخدم فيها مذيبات تتبخر فيـــتم اســـترجاعها باســـتخدام نفس المذيب ، كما أن اللواصق التى لا تحتوى على روابط عرضية Cross – Linkage مـــثل البارالويد ونترات السليلوز تكون أسهل فى الإزالة عن تلك التى تحتوى روابط عرضية مثل الايبوكس والبولى استر [3] .

٣ – اللزوجة Viscosity

للـــزوجة المـــادة اللاصـــقة أهمية كبيرة عند اختياره وخاصة فى العلاقة بين حجم المسام ولـــزوجة المـــادة اللاصقة ، فكلما كانت المادة اللاصقة أقل لزوجة كلما تسربت إلى عمق كبير فى مـــادة الأثر ويصبح الربط بها جيد ، ويجب الأخذ فى الاعتبار عند تجميع أى مادة أثرية ذات مسام ضيقة أن يستخدم معها لاصق ذو لزوجة منخفضة لكى تتسرب إلى عمق المادة الأثرية [4] .

---

(1) Allen , K.W. ; Adhesion and Adhesives some Fundamentals, in: adhesives and consolidants , edited by Brommelle , N.S. et al , IIC . London , 1984 , PP.5-12 .

(2) Newey , C . et al ; Science for conservators . Book 3 . Adhesives and Coatings , London, 1992 , P.49 .

(3) Acton , L . & McCauley , P.; Op. Cit , P.36 .

(4) Koob, S.P.; The use of Paraloid B. 72 as an adhesive : its application for archaeological Ceramics and Other materials , Studies in Conservation (31) , 1986 , PP.7-14 .

٤ – اللون والشفافية Color and Translucency

قد يكون اللون والشفافية غير هامين فى حالة القطع المعتمة ولكن اللون والشفافية تكون ذات أهمية كبيرة خاصة فى حالة البور سلين الشفاف وعندئذ يجب استخدام لاصق عديم اللون ويمكن عمل بعض التعديلات بعد ذلك بإضافة بعض الأكاسيد الملونة أو المواد المالئة مثل السليكا Fumed Silica

٥ – المقاومة والملائمة للظروف البيئية

Durability and Suitability to environmental Conditions

يجب أن تكون المادة اللاصقة ذات قوة تحمل عالية لجميع العوامل البيئية المحيطة بالأثر و أن تتحمل التغيرات التى تحدث فى المستقبل مثل الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة والرطوبة وكذلك عدم التأثر بالضوء والعوامل البيولوجية بالإضافة الظروف الجوية .

٦ – معدل الانكماش Shrinkage rate

جميع اللواصق يحدث لها انكماش عند الجفاف ويجب أن يتميز اللاصق بإنخفاض معدل الانكماش حيث أن الانكماش المرتفع قد يؤدى إلى تفتت وتمزق الأثر تماما .

٧ – الصحة والأمان Health and Safety

يجب أن تكون المادة اللاصقة آمنة عند إستخدامها وأن تكون غير سامة [1] .

اللواصق Adhesives

١ – بوليمرات الفينيل Vinyl Polymers

تعتبر بوليمرات الفينيل من عائلة الثرموبلاستيك Thermo Plastic وتتميز هذه المجموعة بأنها عديمة الرائحة وغير سامة كما أنها تتميز بالمرونة Flexibility عند درجات الحرارة المنخفضة وتعتبر مقاومتها للماء والمذيبات العضوية ضعيفة [2] . وتشمل هذه المجموعة عدة أنواع منها البولى فينيل أسيتيات والبولى فينيل كحول والبولى فينيل بيوترال .

أ – بولى فينيل أسيتات Poly Vinyl Acetate (PVAC)

وهو يوجد على شكل خطوط من خلال البوليمر ويتميز (PVAC) بأن درجة حرارة الانتقال الزجاجى له The glass Transition temperature تحدث عند درجة حرارة الغرفة.

---

(١) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٦٢ .

(2) Petrie , E.M. ; Hand book of Adhesives and Sealants, Mc Gram-Hill, U.S.A, 2000, P.403 .

CH$_3$

O = C

O H

C C

H H

شكل يوضح وحدة مونمر للبولى فينيل أستيات

ويمكن استخدام PVAC فى هيئة محاليل أو مستحلبات emulsions [1] .

ب – بولى فينيل الكحول Poly Vinyl Alcohol (PVAL)

يمكــن الحصـــول عليه بنزع مجموعات الخلات Acetate groups وذلك باستخدام التحلل الكحولى Alcoholysis لمادة البولى فينيل أسيتات .

H

O H

C C

H H

شكل يوضح وحدة مونمر للبولى فينيل الكحول

والبولى فينيل كحول سهل الذوبان فى الماء بالإضافة إلى المذيبات العضوية الأخرى [2] .

جـ – بولى فينيل بيوترال Poly Vinyl Butral (PVB)

يمكــن الحصـــول علـــيه بتفاعل بولى فينيل الكحول مع الدهيد وقد استخدم كمكون ضمن (BJK) (Butvar(poly vinyl butral),Jute, Kaolinite) والـــذى اســـتخدم فـــى الاســـتكمال ويـــذوب (PVB) فى الكحول الإثيلى والطولوين وخلات الايثيل والأسيتون والكحول الايزوبروبيلى والكحول المثيلى والهيدروكربونات الكلوريدية [3] .

---

(1) Horie , C.V. ;Materials for Conservation , Butter Worth , London, 1987 , P.92 .

(٣) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٥٠ .

(2) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P.191 .

٢ – بوليمرات الاكريليك **Acrylic polymers.**

هى أحد البوليمرات الخطية المبنية على أساس مونمر الاثيلين C_2H_2 والـذى يحتـوى علـي وصلات جانبية من مجموعة الإستر [1] .

وتضم بوليمرات الاكريليك عائلتين هما :-

١ – عائلة الاكريلات Acrylates واشتقت من حمض الاكريليك .

٢ – عائلة الميثاكريلات Methacrylate واشتقت من حمض الميثاكريليك .

ويوضح الشكل التالى الفرق بينهما: [2] .

```
       O - R                  O - R
       |                      |
O =    C     H         O =    C     H
       |     |                |     |
  —    C  —  C—          —    C  —  C  —
       |     |                |     |
       H     H                CH3   H
```

وأكثر بوليمرات الاكريليك استخداما هو البارالويد ب ٧٢ .

البارالويد ب ٧٢ **Paraloid B 72**

هو بوليمر مشترك Copolymer من المثيـل اكـريلات Methyl acrylate والايثيـل ميثاكريلات Ethyl metha acrylate [3] . وتنتج الاكريلات المشتركة بربط اثنين أو أكثر مـن المونمرات فى بوليمر واحد ، وتذاب الاكريلات المشتركة فى المذيبات العضوية المختلفـة ويـتم تطبيقها بعد ذلك [4] ، ويتميز البارالويد ب ٧٢ بالثبات بالإضافة إلى أنه يعطى قوة لصـق جيـدة وكذلك مقاومة الأكسدة والضوء والتأثر بالماء والحرارة المعتدلة بالإضافة إلى الشفافية والمقاومـة الميكانيكية والاسترجاعية .

([1]) على الأشرم : اللدائن وخواصها التكنولوجية ، دار الراتب الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٩٤ ص ٨٣.

([2]) رجب أبو الحسن : المرجع السابق ص ١٥١ .

(3) Buys , S. & Oakley , V. ; OP Cit P. 192 .

(4) Clifton , J. R. & Frohnsdorff, G.J.C.;Stone Consolidating materials Astatus Report ,in; conservation of Historic Stone buildings and monuments , National Academy press washington D.C., 1982 , P. 302 .

وتتميز الاكريلات بانخفاض معدل تبخر المذيبات ، يعد الاستيون أفضل المذيبات وأكثرها تناسبا فالأسيتون يعطى انتشار سريع يناسب استخدام الاكريلات كلاصق ويتميز بانخفاض سميته ويذاب البارالويد بنسبة ١ : ١ مع المذيب عند استخدامه كلاصق [1] .

٣ – نترات السليلوز "Cellulose Nitrate "CN

هى من مشتقات لواصق السليلوز وتسمى أحيانا نيتروسليلوز ومن مميزات هذه المادة أنه يمكن إعادة تليينها بسهولة ، ويمكن إنتاج نترات السليلوز بواسطة تفاعل حمض النيتريك مع السليلوز ، ويمكن أن توجد نترات السليلوز تحت أسماء متعددة مثل HMG–Durofix أو UHU Hart والدوكوسمنت .Duco Cement [2] .

ويصلح هذا اللاصق لكل الأغراض حيث أنه يتصلب سريعا بالإضافة الي أنه يذوب فى الإسيتون وقد يباع فى شكل أنابيب صغيرة ويناسب الاستخدام في الأجواء الحارة [3] .

وقد يستخدم اللاصق فى شكل طبقة رقيقة على جانب واحد ثم توضع كل قطعتين معا بعناية لتثبيتها فى موضعها [4]-.

و يستخدم نترات السليلوز بتطبيقه فى شكل نقاط ثم يتم ضغط القطعتين معا حيث وجد أن لاصق نترات السليلوز له خواص عملية ممتازة ودرجة لزوجة مناسبة [5] .

بالإضافة إلى المواد السابقة فإن هناك مواد أخرى قد تستخدم حسب حالة كل قطعة ولكن المواد السابقة هى التى يمكن إستخدامها بصفة أساسية فى تجميع أدوات الإضاءة الخزفية ، ومن المواد الأخرى راتنجات الايبوكسي والبولى استرات وراتنجات البولى يوريثان .

التطبيق Application

يجب تنظيف حافتى الكسر عند تطبيق المادة اللاصقة وذلك لإزالة أى دهون ويوضع اللاصق على طول حافة القطعة ذات الطول الأقل ويستحسن ترك جزء صغير عند نهاية كل حافة خالية من اللاصق وذلك للسماح للاصق بالأنتشار وكذلك منع تراكم اللاصق عند نهايات القطع

---

(1) Koob, S. P. ;Op. Cit .P. 7 .
(2) Buys , S. & Oakley, V.; Op. cit P.192.
(3) Sease , C.; A conservation Manual for the Field Archaeologist, Institute of Archaeology , University of California, USA , 1994,P.12
(4)Fisher, P. ; The Sophilos vase . in the art of conservator by Oddy , A. Smithsonian Institution press , Washing ton , 1992 ,P. 170.
(5) Elston , M.; Technical & Aesthetic Consideration in The Conservation of ancient Ceramic & Terracotta Objects in The J. Paul Getty Museum , Five case, studies in conservation , Vol. 35 , No.2 , 1990 , PP.69-80 .

المهشـمة ، وبعـد ذلك يتم ضغط كل قطعتين معا، بعد ذلك يتم إزالة اللاصق الزائد ، ويجب التأكد أن التجميع مضبوطا وذلك بتمرير الأصبع على خط التجميع [1] .

رابعا : التقوية Consolidation

والـتقوية هـى عملية إضافة ميكانيكية أو مادة مدعمة للنسيج الداخلى للقطعة وذلك للتأكيد على مقاومة ودوام القطعة [2] .

عـندما تضـعف قطعة خزفية أو عندما تتشقق طبقات تزجيج فإن المعالجة عادة ما تكون بإدخال مادة إلى نسيج القطعة وتسمى هذه المادة بالمقوى وتسمى العملية بالتقوية [3] .

وتـؤدي الـتقوية الي زيادة قوة القطعة وذلك بتكوين شبكه من المادة المقوية ويمكن وقف الـتلف وذلك من خلال المعالجة وإزالة مصدر التلف [4] ، وأهم وظيفة للمقوى هى تدعيم الأجزاء التالفة وذلك بإعادة تكوين روابط بين الحبيبات المتجاورة [5] .

الشروط الواجب توافرها فى مواد التقوية :

١ – النفاذية Permability

تعتبر من الشروط الهامة ويعتمد ذلك على الحجم الجزيئى للمادة المقوية والمذيب المستخدم ويعتمد ذلك أيضا على الحالة الفيزيائية والكيميائية للقطعة وطريقة تطبيق المقوى .

٢ – المظهر Appearance

يجـب ألا تغيـر المادة المقوية من مظهر القطعة ويكون ذلك بصفة خاصة مع القطع غير المـزججة أو القطـع المـزججة بتزجيجات شفافة حيث أن بعض المقويات تجعل القطعة ذات لون أغمـق أو ذات سـطح لامـع ، بالإضافة إلى ذلك فإن درجة تركيز المقوى فى المذيب يكون نقطة هامة للحصول على أفضل نتيجة [6] . كما أن بعض المقويات تكون طبقة رقيقة شفافه على السطح أو أن بعضـها تحدث تغيير تدريجى فى الخواص البصرية وذلك بسبب عمليات التدهور و الأكسدة أو التفاعلات الضوئية الكيميائية Photo Chemical Reaction [7] .

---

(1) فاطمة صلاح مذكور : المرجع السابق ص ١٢٠ .

(2) Feilden , B. M..; Op. Cit P.28.
(3) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P.100 .
(4) Bradley , S. ;Op. Cit P.22 .
(5) Clifton , J.R. ; Op. Cit ,P.151.
(6) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 102 .
(7) Clifton , J . R. ; Op. Cit P. 153 .

٣ – حالة القطعة Condition of object

تختلف طرق المعالجة حسب حالة القطعة من حيث الرطوبة والجفاف . فـالقطع الخزفيـة الرطبة يمكن أن تعالج باستخدام المستحلبات Emulsions أما القطع الجافـة فيفضـل اسـتخدام المحاليل Solution عند تقويتها .

٤ – الظروف البيئية Environmental Conditions

وهى الظروف التى تتعرض لها القطعة بعد العلاج وبناء عليه يتم اختيار المادة المقويـة ، كما أن درجة التحول الزجاجى The Glass transition temperature تكـون عامـل محـدد لاختيار المادة المقوية وكذلك الثبات والمقاومة للأشعة فوق البنفسجية وذلك عند تعـرض القطعـة لظروف بها مصدر ضوء قوى[1]. بالإضافة إلى ما سبق فإن المادة المقوية يجب أن يتـوفر فيهـا خاصية طرد الماء Hydrophobicity بالإضافة إلى اعطاء قـوة تماسـك وانخفـاض اللزوجـة وانخفاض الشد السطحى وأن تتميز ايضاً بالثبات الكيميائى والذوبان فى المذيبات منخفضة التطاير لتسمح بالتغلغل [2] كذلك فإن المادة المقوية يجب أن تتميز بالمرونة Flexibility حتـي تتحمـل التغير فى درجات الحرارة وحدوث التمدد والانكماش [3] .

المـقويـات Consolidants

١ – مقويات السليكون Silicon Consolidants

يختلف التركيب الكيميائي للسليكونات عن المركبات العضوية الكربونية وذلك لأنها تشـتق أساسا من السيلان SiH_4 Silane وهو يشبه الميثان والتى يمثلها مركب ميثيل تـراى ايثـوكس سيلان Methyl triethoxy Silane ومعظم مواد السيلان المستخدمة فى التقوية هـى مشـتقات ثلاثية أو رباعية Tri-or Tetra functional Derivatives مثل تترا ايثوكسي سيلان (TEOS) Tetraethoxy Silane Si $(OC_2H_5)_4$ [4] .

وقد اعتبرت مركبات السيلان Silanes أو السيلوكسان Siloxane من المواد الجيدة التى استخدمت فى التقوية وذلك بسبب قدرتها على تكوين روابط كيميائية بين المكونات ، ومن مميزاتها ايضاً قدرتها على تكوين شبكه مدعمة داخل الأنابيب الشعرية والتى تقلل تغلغل الرطوبة إلى البدن

---

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 102 .
(2) Paterakis , A . B . ; The desalination of consolidated Ceramics , in: Interim meeting of the ICOM-CC working group , Vantaa , Finland , Glass , Ceramics and related materials edited by Paterakis , A. B. , 1998 , PP. 144-153 .
(3) Kotlik , P.; Impregnation under low Pressure , in: Studies in Conservation , Vol.43 . No 1 , : 1998 , P . 42 .
(4) Horie , C. V. ; Op. Cit P . 152 .

المسامي ، ولقد استخدم الكوكسى سيلان AlkoxySilane مثل الميثيل تراى ايثوكسى سيلان Methyl tri Ethoxy silone الذى يزيد من قدرة السطح على طرد الماء Hydro Phobicity [1].

ومن مميزات استخدام هذه المجموعة فى التقوية تميزها بالثبات الكيميائى وكذلك التغلغل بعمق كبير وكذلك الثبات الكيميائى بين روابط السيليكون – أكسجين – سيليكون Si –O– Si والتى تميز التركيب الهيكلى لهذه المجموعة [2] ، كذلك فإن معدل تبلمر هذه المجموعة يسمح بالتغلغل إلى عمق كبير كذلك بالاضافة الى أنها تتبلمر لتكون روابط تشبه الروابط الموجودة بالمواد السيليكاتيه [3].

تعتبر مجموعة الكوكسى سيلان Alkoxy Silane عائلة مونمرية تتفاعل مع الماء لتكون السليكا أو الكيل بولى سيلوكسان Alkyl Poly Siloxane ، وهناك ثلاث مركبات لهذه المجموعة تستخدم فى التقوية هى تترا إيثوكسى سيلان Tetra Ethoxysilane وتراى إيثوكسى ميثيل سيلان Triethoxy methyl Silane وأخيرا تراى ميثوكسى ميثيل سيلان Trimethoxy Methyl Silane.

وتحدث عملية البلمره وذلك مع الماء كما يوضح ذلك المعادلة [4] :-

$$\text{Si-OR} + H_2O \xrightarrow{\text{Catalyst}} \text{Si OH} + \text{ROH}$$

$$\text{Si-OH} + \text{Si-OR} \rightarrow \text{Si-O-Si-} + \text{R OH}$$

وقد أجرت Paterakis [5] (١٩٩٨) دراسة على استخدام تترا إيثيل أورثوسيليكات Tetra ethyl ortho silicate (TEOS) والميثيل تراى إيثوكس سيلان Methyl tri (MTS) ethoxy silane وكلاهما من مركبات الكوكسى سيلان فى تقوية الخزف المحتوى على أملاح . وأوضحت الدراسة أن عملية البلمرة تبدأ بالماء أو بالتكثف ، أما السيلكا غير المتبلورة فإنها تترسب فى المسام وتقلل حجم المسام المفتوحة ولكنها تزيد من الصلادة ويسمح كلا من (TEOS) و (MTS) بمرور بخار الماء .

---

(1) Paterakis, A. B.; The Consolidation and desalination of Ceramic Impregnated with Calcium acetate , 10th trienial meeting ICOM Committee for Conservation, Los Angeles, 1993 , PP.704-708 .
(2) Charola, A. E., et al ; The influence of relative humidity in The Polymerization of Methyl Trimethoxy silane , in: Adhesives and Consolidants, by Brommelle, N. S. et al , Paris , 1984 , PP.177-181.
(3) Clifton , J. R. et al ; Op. Cit , P . 298 .
(4) Clifton , J.R. ; Op. Cit 298 .
(5) Paterakis , A. B . ;Op. Cit P.704 .

وتختلف (MTS) Methyl tri ethoxy silane عن Tetra ethyl ortho silicate (TEOS) فى استبدال مجموعة ميثيل لمجموعة إيثوكسى وتعطى مجموعة الميثيل هذه زيادة فى خاصية طرد الماء .

وقد ذكر Abd El-Hady [1] (١٩٩٠)أن الرابطة بين السيلكون والأكسجين مماثلة للوضع الذرى فى الكوارتز O – Si – O ولهذا السبب فإن المواد المعالجة بالسليكونات تتحول إلى مادة طاردة للماء وتتميز هذه المجموعة بمقاومتها العالية للتحلل الضوئى والأكسدة وذلك عند مقارنتها براتنجات الأكريليك .

وبالإضافة إلى المواد السابقة فإن هناك سيليكات الايثيل Ethyl Silicate وقد أشتق من المقويات غير العضوية السليكونية وما يحدث من تفاعلات توضحه المعادلة الأتية :-

C_2H_5O		OC_2H_5		HO		OH	
	Si		$+ 4H_2O + Cat =$		Si		$+ 4C_2H_5OH$
C_2H_5O		OC_2H_5		HO		OH	
					binder		

ومن خلال الدراسة والتحليل لعينات من أدوات الإضاءة تبين احتوائها على نسبة مرتفعة من الكوارتز ، وبناء على ذلك يفضل استخدام سيليكات الايثيل .

وقد اشتقت السليكونات من السليكا وبفحص التركيب البنائى لراتنج السليكون نلاحظ تشابها فى التركيب البنائى له مع الكوارتز [2] .

```
O - Si – O – Si – O – Si – O
    O        O        O
O - Si – O – Si – O – Si – O          الكوارتز
    O        O        O
O - Si – O – Si – O – Si – O
```

(1) Abd El-Hady, M. M. ;Acrylic Resins & Silicones as Monumental Stone Preservatives , in: 2nd Arab Intern . Conf . on Materials Science , Egypt , 1990 ,PP.79-90.

(2) Riccardo , B.; Products for the Consolidation and Surface Protection of historic Heritage Lapidary materials in seminar on Italian restoration & Conservation technologies , Egypt , 1996 , PP.1-7 .

$$
\begin{array}{l}
\quad CH_3 \qquad\quad CH_3 \qquad\quad O \\
O - Si - O - Si - O - Si - CH_3 \\
\qquad O \qquad\quad O \qquad\quad O \\
CH_3 - Si - O - Si - O - Si - CH_3 \\
\qquad O \qquad\quad CH_3 \qquad O \\
\qquad\qquad\quad CH_3 \\
O - Si - O - Si - O - Si - O \\
\qquad CH_3 \qquad O \qquad CH_3
\end{array}
$$

راتنج السليكون

٢ – النايلون الذائب Soluble Nylon

وهو مادة مشتقة من مركب النايلون وأسـمها الكيميـائى N-methoxy methyl nylon ويحضر هذا المركب بمعالجة النايلون (Nylon 66) بالفورمالدهيد والنايلون الذائب هـو مركـب يوجد فى صوره مسحوق أبيض يذوب فى الإيثانول فى وجود الماء بنسبة ٧٠ جزء كحول + ٣٠ جزء ماء ، وعند إذابة هذا المركب فى المحلول السابق عند درجة الحرارة العادية يكون محلـول جيلاتينى القوام gel-stateوعند تدفئة هذا المحلول الجيلاتينى إلى ٤٠ ٣° م يتحول إلـى الحالـة السائلة sol-state ويصبح سهل الاستعمال [1] .

وقد استخدم النايلون الذائب فى معالجة السطوح الضعيفة التى تحتوى علـى أمـلاح ولا تتحمل عملية التنظيف قبل التقوية وذلك لأن مادة النايلون تسمح بمرور محاليل الأملاح من خلالها دون أن تتأثر ومن أسماء هذا المركـب N – Methoxy methyl nylon , Calton CA and CB , Maranylc 109/P ويستعمل هذا المركب بتركيز ٢–٥% وله ليونة عالية كمـا أنـه لا يعطى لمعه للسطح [2] .

ولكن من عيوبه أنه مع مرور الوقت يصبح هشا ويصبح ذو لون قاتم بالإضـافة إلـى أن النايلون الذائب مادة غير استرجاعية [3] .

٢ – راتنجات الأكريليك والفينيل Acrylic & Vinyl Resins

تندرج بوليمـرات الاكـريلات تحت مجموعتين هى أحماض الاكريليك والميثاكريليك

---

(1) Sease , C. ; The Case against Using soluble Nylon in Conservation Work , Studies in Conservation , 26 , 1981 , P.105 .
(2) Gedy , I . ; Pottery and glass in the conservation of Cultural property , Rome , Italy , UNESCO Press , 1968 , P.110 .
(3) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit , P. 191 .

Acrylic & Methacrylate [1] وتتميز المواد الاكريليلة بأنها تقاوم تأثير ضوء الشمس والحرارة والعوامل الجوية التى تسبب تلف لمعظم المواد المقوية كذلك فإن الاكريلات تتميز بارتفاع الشفافية والتغلغل الجيد إلى التركيب الداخلى والذوبان الجيد فى المذيبات العضوية مثل الترای كلوروإيثـــان والزايلين [2] .

أما مجموعة الفينيل - $CH_2 = CH$ فتتحد مع مجموعة أخرى R لتحديد نـــوع البـــوليمر حيث يمكن تحويرها بواسطة التفاعلات الإضافية إلى البوليمر الذى يتكون من سلسلة خطية متكررة من الوحدات التالية :-

$$- CH_2 - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} -$$

وتعتبر خلات الفينيل المبلمرة من أكثر المواد المستخدمة فى مجال الصيانة وخاصة التقوية [3]

تطبيق مواد التقوية Consolidants Application

- **التنقيط Dripping**

يتم تنقيط المادة المقوية فوق القطعة باستخدام قطارة أو طرف فرشاة صـــغيرة إذا كانـــت القطعة حالتها لا تتحمل اللمس .

- **الفرشاة Brushing**

تعتبر من أبسط طرق التقوية حيث يتم المس الرقيق لسطح القطعة باستخدام المقوى ويتم تكرار هذه العملية عدة مرات حتى يتم الوصول إلى درجة التشبع وعدم نفاذية المقوى داخل القطعة ونتجنـــب هذه الطريقة فى حالة القطع الضعيفة .

- **التطبيق بواسطة الماصة Application by Pipette**

وتشبه هذه الطريقة طريقة التنقيط حيث تتميز بوضع المقوى نقطة نقطة حتى يتم الوصول إلى درجة التشبع وتستخدم هذه الطريقة أيضا فى حالة القطع الضعيفة شديدة التفتت والهشاشية .

---

(1) Davison , S. ; A review of Adhesives and Consolidants used on glass Antiquities, in; Adhesive and Consolidants , edited by , Brommelle, N. S. et al ,IIC, Paris, 1984, PP.191-199 .
(2) Abd El-Hady , M. M. ; Op. Cit., P.101.
(3) Sease , C. ; Op. Cit , 1994 , P.11 .

- التطبيق بالحقن **Application by Injection**

تستخدم عندما تكون طبقة التزجيج منفصله نسبيا حيث يتم حقـن المـادة المقويـة داخـل الفراغات الهوائية .

- التطبيق بواسطة الرش **Application by Spraying**

وتساعد هذه الطريقة فى تشبع المساحات الكبيرة بسرعة ومن أشكال الرشاشات المستخدمة في هذه الطريقة رشاشات الحديقة المصنوعة من البلاستيك Polyethylene Garden Spray وفى الحالة التى تتطلب تطبيق دقيق للمقوى فإنه يمكن استخدام زجاجة ضغط هوائى Air brush وذلك مع عدم استخدام ضغط هوائى عال وذلك لتجنب تلف الأسطح الضعيفة ، ويجب ألا يكون تركيـز محلول التقوية مرتفع حتى يمكنه النفاذ من خلال زجاجة الضغط الهوائى بـدون الضـغط الزائـد عليها .

- التطبيق بالغمر **Application by Immersion**

يسمح الغمر بتغلغل المقوى بدرجة أكبر داخل القطعة ويتم غمر القطعة فى إنـاء مناسـب على شبكة معدنية أو بلاستيكية وذلك للسماح للمقوى بالوصول إلى الجانب السفلى وبعد ذلك يـتم سكب المقوى ببطىء فى قاع الإناء وذلك للسماح للهواء بالخروج من القطعـة تـدريجيا وإحـلال المقوى مكانه ويمتص المقوى بالخاصية الشعرية Capillary action ويجب أن تغمر القطعة كلية فى مادة المقوى .

- التشرب تحت خلخلة الهواء **Vacum Impregnation**

تحقق هذه الطريقة نفاذية كبيرة للمقوى داخل القطعة ولكنها غير مناسبة فى حالـة القطـع الهشة حيث أنها قد تتسبب فى تفتت القطعة . وتوضع القطعة على سلك معدنى أو شبكه ثم يضاف محلول المقوى ببطء وبعد ذلك يتم إحداث التفريغ مع العلم أن ذلك يحدث فى حوض التفريـغ (1) Vacum Tank .

ويراعى عند عملية التقوية ألا تكون المادة المقوية فى صورة طبقة سميكة على سطح الأثر وكذلك التأكد من مدى انتشار وفاعلية المادة المقوية داخل اللب وذلك لتحمى الأجزاء التالفة .

ويجب أيضا أثناء تشرب السطح بالمادة المقوية استمرار الإمداد بالمحلول إلى أن ينتشـر المقوى بعمق داخل البدن وحتى لا يتبخر المذيب من المحلول أثناء التوقف عن التشرب فتتصـلب

---

(1) Buys , S. & Oakley , V.; Op. Cit ,P.103 .

تعـوق عملية التجميع فيما بعد ، وإذا لم يتشرب الأثر المادة المقوية فإنها تزال من فوق سطحه وتتم بعد ذلك باستخدام تركيزات مخففه [1] .

خامسا : عملية الاستكمال Completion Process

عـندما تتعـرض القطـع الخـزفية للكسر فإنها عادة ما تفقد بعض الحواف وقد تكون هذه الأجـزاء صغيرة جدا ولا يمكن ملاحظتها خاصة فى القطع جيدة الحرق أو يكون الفقد كبير ويظهر ذلـك فـى القطـع الهشة وبالتالى تظهر أهمية الاستكمال والتى لا تنحصر فقط فى الناحية الجمالية ولكن تمتد إلى الحفاظ على ثبات القطعة واتزانها أثناء العرض المتحفى .

ويحظـى اختـيار مادة الاستكمال بأهمية كبيرة وذلك للوصول إلى أنسب المواد التى تلائم طبيعة المادة الأصلية .

الشروط الواجب توافرها فى مواد الاستكمال

- يجب أن تكون المادة قابلة للتشكيل أو الصب .
- يجب أن تكون المادة قابلة للتعديل بإضافات مواد الملونات أو المواد المالئة .
- يجب أن تكون المادة قابلة للالتصاق بالخزف .
- يجب أن تكون المادة ذات قوة وكثافة مناسبة ولها صفة المقاومة .
- يجب أن تكون المادة قابلة للاسترجاع .
- يجب أن تكون المادة غير قابلة للانكماش بعد التصلب أو مع مرور الوقت .
- يجب أن تكون المادة آمنة عند الاستخدام [2] .

وبالإضـافة إلـى اختيار مادة الاستكمال فإن هناك مواد مساعدة أخرى تستخدم فى عملية الاستكمال وهى مواد التدعيم والتى سيتم الحديث عنها فيما بعد [3] .

---

(2) Sease , C. ; Op. Cit , 1994 , P. 27 .
(3) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit., PP.121- 123 .
(4) Elston , M. ; Op. Cit P.70 .

ومن أشهر المواد المستخدمة فى الاستكمال :-

- الجبس الباريسى **Plaster of Paris**

يـتكون من كبريتات الكالسيوم نصف المائية $CaSO_4 \frac{1}{2}H_2O$ الذى يحضر بتسخين الجبس العــادى إلى ١٢٠ ° م . وعند خلطة مع الماء يكون مادة بيضاء صلبة تتشابه فى كثافته مع الخزف حيث أن الوزن النوعى له ٢,٣٢ والوزن النوعى للأوانى الأرضية ٢,٤ – ٢,٦ ويوجد منه نوعان همــا جـبس ألفا Alpha Plaster وجبس بيتا Beta Plaster ويختلفان فى خواصهما الفيزيائية ، حـيث أن الجبس ألفا يحتاج إلى كمية ماء أقل ليخلط معه ويسهل صبه ، وقد صنعت أنواع مختلفة مـن الجبس تختلف فى حجم جزيئاتها ووقت الشك والكثافة والتمدد بالإضافة إلى اللون ويعتمد ذلك على نقاء الجبس الخام . ومن أنواع الجبس المستخدم هو جبس الأسنان Dental Plaster حيث أنه يكون صلبا بعد الشك مع تمدد قليل جدا .

ومن العيوب الأساسية فى الجبس هى انخفاض وقت تشغيله وقابليته للتمدد عند الشك ، وقد يكون هناك صعوبة فى الإزالة الميكانيكية له خاصـة فى حالة الأنواع الصلبة منه ، كذلك فإن هناك خطورة عند تعرضه للرطوبة وبالتالى يمكن امتصاص البدن لهذه الكبريتات[1].

- البولى فيلا **Poly Filla**

هــى مــادة سـليلوزية تتكون من سليلوز ذائب فى الماء مع كبريتات الكالسيوم وتتميز هذه المــادة بثـبات أبعادهــا للــتمدد والانكماش كما أنها غير قابلة للذوبان فى الماء بعد تصلبها ووقت تشـغيلها يصــل إلــى ½ ســاعة ، وهى مادة مثالية لاستكمال الأوانى الأرضية Earthenware والتراكوتا Terracotta [2] ومنها نوعان :-

أ – البولى فيلا الداخلية **Poly Filla " interior grade "**

تــتكون من سليلوز يقوى الجبس الباريسى ويضاف إليه الإيثيرات ومواد تقلل زمن الشك . ويخلــط ذلك مع الماء ويمكن تقويته باستخدام مستحلب PVA فى الخليط الرطب ، وهذا يأخذ وقت أطــول فــى التشــغيل منه عند استخدام الجبس الباريسى ولا ينتج عنه نمو بلورات ملحية ويجف بســرعة مع انكماش منخفض جدا، ومن عيوب هذا النوع من البولى فيلا أنها ضعيفة نسبيا كما أن مقاومتها للتآكل ضعيفة كما أن التصاقها بالسطح الناعم ضعيف .

---

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit , P.198 .
(2) Larney , J. ; Op. Cit , P. 74 .

ب – بولى فيلا الأسطح الناعمة **Fine Surface Poly filla**

وتتكون أساسا من بوليمر مشترك من خلات الفينيل مع مواد مالئة غير عضوية ومواد لزيادة السمك والقوام ومبيد فطرى . وتستخدم فى استكمال الأجزاء الصغيرة [1] .

– وقد أشارت Smith [2] (١٩٩٨) إلى استخدام خليط من البارالويد ب ٧٢ مع مادة مالئة وهى الميكروبالون Microballons وهى حبيبات كروية دقيقة ومنها الميكروبالون الفينولى Phenolic Microballons وهى ذات لون بنى يميل إلى الاحمرار وأيضا الميكروبالون الزجاجى Glass Microballons وهو ذو لون أبيض وجزيئاته كبيرة وكذلك يمكن استخدام ثانى أكسيد السليكون أو فوم السليكا Fumed Silica [3] .

ويتم تحضير هذا الخليط بتجهيز محلول من البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% مذاب فى أسيتون وكحول بنسبة ١ : ١ ثم يضاف الميكروبالون إلى البارالويد ب ٧٢ بنسبة ١ : ٣ على الترتيب . ويتميز هذا الخليط بأن سطحه مناسب لسطح الخزف كما أنه يمكن فك هذه المادة باستخدام الأسيتون مع ضغط ضعيف كما أن هذه المادة تتميز بانخفاض وزنها وتزداد كثافة المادة عند استكمال المساحات الكبيرة وذلك باستخدام مسحوق الرخام ، ويتم التدعيم باستخدام طبقة من الشمع الطبى عادة تكون فى الجانب الداخلى ولضمان حدوث اللصق الجيد يبدأ بالحواف باستخدام فرة معدنية ويتم العمل فى اتجاه المركز ويتم التطبيق فى شكل طبقات رقيقة ويتم السماح لكل طبقة بالجفاف قبل وضع طبقة أخرى ويتم تنعيم سطح هذا الخليط باستخدام الأسيتون أو الكحول . ولاستكمال الزخارف فإنه يتم تليين سطح المادة المالئة بالأسيتون وتطبع التفاصيل على السطح باستخدام الفرر أو أى أدوات أخرى ، ولا يتم التلوين قبل التطبيق وإنما يتم التلوين فى النهاية باستخدام ألوان الأكريليك التى تكون ذات وسيط مائى حتى لا تؤثر علىالبارالويد ب ٧٢ المستخدم فى تركيب المعجون .

– مسحوق الفخار **Pottery Powder " Grog "**

يعد من أفضل المواد المالئة التى يتم استخدامها فى استكمال الخزف نظرا للتطابق بين خواصه وخواص البدن الأصلى حيث أن لهما نفس التركيب المعدنى بالإضافة إلى أنه لن يتفاعل مع القطعة الأثرية ، ويمكن استخدام مسحوق الفخار وذلك بخلطه بمحلول البارالويد ب٧٢ [4] .

---

(1) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 199 .
(2) Smith , S.; British Bronze Age Pottery:An Overview of deterioration and current Techniques of Conservation at The British Museum, The conservator, No.22, 1998 P.9 .
(3) Buys , S. , & Oakley , V., : Op. Cit P. 199 .

(٤) محمد مصطفى : المرجع السابق ص ١٤٨ .

بالإضافة إلى المواد السابقة التى يمكن استخدامها فى استكمال أدوات الإضاءة الخزفية فإن هناك بعض المواد الأخرى التى يمكن استخدامها طبقا لكل حالة . ومنها المواد المالئة التى ترتكـز على قاعدة من الايبوكسي ومواد أخرى تعتمد على قاعدة من البولى استر ويضاف إلى هذه المواد مسحوق أكسيد التيتانيوم TiO_2، كبريتات باريوم $Ba SO_4$ ، مسحوق الكاولين $Al_2Si_2O_5 (OH)_4$ وكرات الزجاج Glass Balls وكذلك حبيبات الميكروبالون Microballons

- مواد التدعيم Support Materials

تستخدم فى حالات الاستكمال للمساحات الكبيرة ويمكن أن يطلق عليها مواد عمل القوالـب ومن هذه المواد التى يمكن الاستفادة منها في هذا المجال :-

١ - الشرائط الحساسة للضغط Pressure Sensitive Tapes

تستخدم فى حالة الأجزاء والفتحات الصغيرة وبعد استقرار مادة الاسـتكمال يـتم إزالـة الشريط اللاصق .

٢ - شرائح شمع الأسنان . Dental Wax sheets

يمكن تليينه بواسطة الماء الدافئ ويستخدم فى حالة الحواف المنحنية ويمكن عزله بواسطة بولى فينيل كحول .

٣ - الطين Clay

غالبا ما يستخدم فى المواقع حيث أنها تكون متاحه ولكن يجب عدم اسـتخدامها مـع السـطح مباشرة خاصة فى حالة القطع منخفضة الحرق أو مرتفعة المسامية

٤ - البلاستوسين Plastocine

يتم قطعه وتشكيله برفق حول الحافة الجافة ويجب استخدامه على الأجزاء التى فقدت طبقة التزجيج وذلك لاحتوائه على مادة زيتية سوف تترك أثر فى تلك الأجزاء .

- اللاتكس المطاط Latex Rubber

يتميز بانخفاض تكلفته بالإضافة إلى سهولة استخدامه ويتميز بالمرونة وتعد هذه ميزة كبيرة ويستخدم معه طبقة من الجبس لتدعيم اللاتكس .

- السليكون المطاط **Silicone Rubber**

وهو أقل مرونة من اللاتكس ولا يحتاج إلى مادة عازلة عند استخدامه ولكن لا يجب استخدامه مع الأبدان المسامية ، وقد يتم تعديل السليكون السائل باستخدام فوم السليكا Fumed silica وقد تستخدم طبقة من الجبس لتدعيم السليكون .

- مواد التلوين **Colorants**

تستخدم مع البوليمرات ومنها عدة أنواع مثل مسحوق الألوان Powder Pigments و ومن أهم الألوان التى تستخدم ألوان الاكريليك "Cryla "Colors Acrylic وتتميز ألوان الاكريليك أنها يمكن أن تستعمل مع الماء كما أن الشد السطحى لها والاستقرار مناسب كما يمكن إزالتها بالمذيبات لذلك يجب الحذر لأن ذلك قد يؤثر فى المادة المالئة . ويمكن أن يضاف إلى مواد التلوين أحد اللواصق الشفافة [1] .

- طريقة التطبيق **Application Method**

يتم اختيار الجزء الأصلى الذى يتطابق مع الجزء المفقود ويستخدم شرائح الشمع حيث يقطع حسب مقاس الجزء المفقود مع ترك حوالى ١ سم أو ½ سم زيادة من كل جانب ثم يتم تدفئة الشمع فى ماء ساخن حتى يلين . وبعد ذلك يوضع سريعا على الجزء الذى تم اختياره ويتم الضغط عليه باستخدام أصابع اليد فى اتجاه البدن ثم يترك الشمع حتى يبرد ويتصلب قبل نزعه بعناية . ويتم تنظيف حواف الكسر ويؤخذ القالب ويجفف جيدا من الماء ويوضع فى مكانه الصحيح ويتم تثبيته ثم يحضر الخليط المستخدم فىالاستكمال ويوضع بعناية وبعد ذلك يتم وضع الرتوش والألوان المناسبة طبقا للزخارف المتواجدة .

وتستخدم بعض المواد فى تقليد الترجيجات منها ورنيش البولى يوريثان Polyurethane Varnish وألوان الاكريليك Acrylic Paints وطلاءات الايبوكسى الشفافة وقد يستخدم البولى يوريثان كوسيط للألوان المستخدمة [2] .

سادسا : العرض المتحفي والفنى لأدوات الإضاءة الخزفية

تعتبر طرق عرض أدوات الإضاءة الخزفية من النقاط الهامة التى تحتاج إلى أن توضع فى الاعتبار لأن ظروف العرض الخاطئ قد تؤدى إلى ظهور مشاكل جديدة بعد الانتهاء من مراحل

---

(١) نجوى عبد الرحيم : المرجع السابق ص ١٦٣ .

(٢) فاطمة صلاح مدكور : المرجع السابق ص ١٣١ .

التــرميم المختلفة لذلك يجب أن تصمم فتارين العرض تبعا لشكل وحجم المعزوضات وكذلك يجب أن تكون طريقة العرض مريحة للعين [1] .

ويجــب أن يــتم عــرض المجموعات المتشابهة فى الشكل معا وذلك حسب وظيفة القطع بالإضافة إلى الاعتبارات الجمالية . كذلك يجب تجنب اتصال القطع بمادة معدنية صلبة مثل حوامل القــدور أو مســاند الأطــباق وذلــك عــن طــريق العــزل بمــادة ناعمة مثل فوم البولى إثيلين Polyethylene foam أو اللــباد Felt أو الشــامواه Chamois ، بالإضافة إلى ذلك فإنه تستخدم بعض المواد فى تثبيت القطع وذلك للحفاظ على اتزانها ويستخدم لذلك بعض مستحلبات البولى فنيل أو راتنجات الاكريليك وأيضا بعض المواد الشمعية مثل Tacky Wax.

ومــن الأعمــال الهامة التى يجب نشرها فى المتاحف هى المحاكاة وذلك بعمل نماذج مقلدة لأدوات الإضــاءة الخــزفية وتوضع فى قاعات منفصلة وذلك لإشباع فضول زائرين المتحف خاصة من الأطفال والمكفوفين [2] .

بالإضافة إلى ذلك فإن هناك بعض الظروف التى يجب التحكم فيها عند العرض ومنها:- -

التحكم فى درجة الحرارة Air temperature Control

يجــب ألا تكــون هناك تغيرات سريعة بالارتفاع أو الانخفاض خلال فترة قصيرة حيث أن ذلك قد يؤدى إلى حدوث صدمة حرارية ويجب أن تكون درجة الحرارة ١٨ ± ٢ °م [3] .

- التحكم فى الرطوبة النسبية Relative Humidity Control

ممــا لا شــك فــيه أن هناك علاقة وثيقة بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، ويجب أن تكــون الرطوبة ثابتة طوال الوقت ولا تزيد الرطوبة عن ٦٠% ولا تقل عن ٤٠% وتستخدم بعض الأجهزة لقياس الرطوبة النسبية ومنها hair hydrometer [4] .

ويمكــن خفــض الــرطوبة النسبية باستخدام السليكاجل وهو منتج صناعى له نفس تركيب الســليكا الطبيعية ولكنه يحتوى على مادة تشبه الاسفنج بها عدد لا يحصى من الثقوب الدقيقة وعلى ذلك يمكنه امتصاص كميات كبيرة من الماء أكبر من حجمه ١٢ مرة ، ويمكن استخدامه مرة أخرى وذلك بتسخينه فوق ١٠٠ °م [5] .

---

(1) Pearlstein , E. ; Conservation for The new Egyptian Galleries at the Brooklyn Museum , in Conservation in ancient Egyptian Collections , London , 1995 , P.94 .

(2) Buys , S. & Oakley , V. ; Op. Cit P. 207 .

(3) Thomson, G.; The Museum environment, Butterworth in association with international institute for conservation of historic and Artistic works , 1985 , P. 202 .

(٤) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ٣٥٦ .

(٥) أدامز فيليب : دليل تنظيم المتاحف : ترجمة محمد حسن عبد الرحمن ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٣، ص١٦٣ .

- التحكم فى الضوء **Light Control**

وبالإضافة إلى الضوء المرئى الذى يستخدم فى الإضاءة فإن هناك المصادر الصناعية التى قد تصدر كمية معينة من الإشعاع غير المرئى ومن مصادر الإضاءة المناسبة فى المتاحف.

- لمبات التنجستن Tungsten .
- لمبات الفلورسنت Fluorescent وهى تشع ضوء من غبار الفلورسنت .
- اللمبات الزئبقية Metal halide Lamps .

ويفضــل أن تكون الإضاءة غير مباشرة مما يساعد فى إظهار جمال هذه القطع مع الحفاظ عليها من تأثيرات الضوء الضارة [1] . والقيمه المناسبة لوحدات الإضاءة هى ١٥٠ لوكس .

([1]) الشيماء عبد الرحيم : المرجع السابق ص ٣٥٧ .

الفصل الخامس

طرق الفحص والتحليل

تعد الدراسة التحليلية للخزف من المراحل الهامة والتى تهدف إلى فهم التقنية والتى تشمل الطرق التى تم تحضير الطفلة من خلالها وكذلك عملية التشكيل بالإضافة إلى الحرق وكذلك المكونات التى تتكون منها القطع . ويمكن ايضا الاستفادة من طرق الفحص بالحكم على فاعلية مواد الترميم المختلفة سواء المستخدمة فى التنظيف أو التقوية . وفيما يلى أهم الطرق التى تم استخدامها فى فحص وتحليل أدوات الإضاءة الخزفية :-

١ - الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope

تعتبر الدراسة بواسطة الميكروسكوب المستقطب من الطرق الهامة فى مجال الخزف الأثرى حيث يتم استخدام المقاطع الرقيقة thin – sections ومع التكبير يمكن فحص وتعريف المعادن المكونة للبدن وكذلك حجم الحبيبات ، ويساعد أيضا فى دراسة المواد المعدلة temper ودراسة السطح من خلال ترتيب الحبيبات .

ويمكن التأكد من إمكانية وجود بطانة ناعمة أو بطانة خشنة ودراسة العلاقة بين البدن والتزجيج وكذلك ملاحظة أى إشارة أو دليل عن درجة حرارة الحرق وذلك من خلال التغيرات الحرارية لبعض المعادن (1) .

وقد اتفق كل من Riley (2) (١٩٨٢) و Henderson (3) (٢٠٠٠)على وصف النسيج الداخلى من خلال ترتيب وحجم وشكل المكونات . ويكون سمك القطاع ٠,٠٣مم ويوضع على شريحة زجاجية وبعد ذلك تفحص العينة باستخدام الميكروسكوب المستقطب .

ومن أساسيات هذه الطريقة هى تداخل الضوء المستقطب مع البلورات الموجودة فى العينة حيث أن فحصها يعطى ألوان مميزه ويمكن فحص العينة بدورانها ٣٦٠ ° .

ومن خلال الفحص الميكروسكوبى يمكن التعرف على شكل حبيبات الكوارتز ونسبتها فى الأرضية وكذلك حجمها ، وتتميز الحبيبات بشكل الزوايا الحادة وقد تكون حبيبات الكوارتز دقيقة (4)

---

(1) Matson, F.R., The quantitative study of ceramic Materials in the application of quantitative methods in archaeology, by Heizer, R.F. and cook, S., Chicago, 1966, PP.34-57

(2) Riley, J., A ., The Petrological analysis of Aegean Ceramics in: Occasional Paper,No.32 . Current research in ceramic, Thin Section studies, British Museum, edited by Freestone, I. , 1982 , PP.1-8.

(3) Henderson, J., The science and archaeology of Materials, RoutLedge, London, 2000, P.11 .

(4) Kilmurry, K. , The manufacture of Stamford ware: an application of Thin–Sectioning and Neutron Activation analysis , in: Current research in Ceramic,Thin Section Studies, Occasional 32 , British Museum , 1982 , PP.105-112 .

ويشـــير ذلك إلى عملية تحضير وطحن الخامات . وقد أشار Whitbread [1] (١٩٨٦) إلى أهمية اســـتخدام الميكروســـكوب المستقطب فى دراسة المحتويات inclusions وذلك من خلال الحدود boundaries التـــى قد تكون واضحة وحادة أو تكون متداخلة بحيث لا تظهر بوضوح ، وكذلك يوضـــح دوران الحبيبات roundies التى تكون حادة الزوايا angular أو أقل حدة sub angular أو أن تكـــون الحبيبات دائرية rounded أو أقل دورانا sub rounded ، أما الشكل shape فإنه يعكـــس التنظيم الداخلى للمحتويات ودرجة لدونتها أثناء التشكيل ، يمكن ملاحظة ترتيب الحبيبات Orientation ويكون ذلك أكثر سهولة فى البدن منخفض الحرق حيث أنه تعرض لتغيرات أقل . وأضاف Peacock [2] (١٩٧٠)أن الميكروسكوب المستقطب يفيد فى تحديد طريقة خلط العجينة Paste ســـواء كانـــت العجينة تم تشكيلها بواسطة العجلة أو بواسطة البدن وذلك لأن التشكيل على العجلة يؤدى إلى ترتيب الحبيبات خاصة الطويلة منها لتكون متوازية مع جدران القطعة .

ويفيد الميكروسكوب المستقطب ايضا فى تحديد تقنية الخزف من حيث درجة نعومة الطفلة وطبـــيعة الحرق وذلك من خلال المعادن السليكاتيه الجديدة neosillicates التى تتكون فى البدن وكذلك التأكد من وجود بطانة ومعرفة طبيعة هذه البطانة [3].

بالإضـــافة لـــذلك فـــإن دراسة خط الاتصال بين البدن والتزجيج يمكن توضيحه بواسطة الميكروسكوب المستقطب ، فقد يكون هذا الخط حاد ويدل ذلك على أن التداخل أو التفاعل بين البدن والتـــزجيج أثناء الحرق قليل او/ و أن الحرق تم مرتين عند درجة حرارة مرتفعة لحرق البدن ثم حرق عند درجة أقل عند تطبيق التزجيج [4] .

ويســـاعد الميكررســـكوب المستقطب فى التعرف على المعادن الموجودة بالعينة والتى قد تحتوى علي كوارتز ، فلسبارات ، معادن الحديد والماغنسيوم مثل الأمفيبول والبيروكسين . وكذلك الإضـــافات التـــى قد تحتوى علي كسر الصخور أو حبيبات صخرية. حيث أنه بدراسة عينات من حفائـــر الفســـطاط وجد أنها تحتوى علي صخور بازلتية وبركانية فلسية Basaltic & Felsic Volcanic rocks وبعض حبيبات الكربونات [5] .

---

(1) Whitbread, I., K., The characterization of Argillaceous inclusions in Ceramic Thin Section , Archaeometry 1986 (28) 1 , PP.79-88.

(2) Peacock, D., P., S., The Scientific analysis of ancient Ceramics, a review,World Archaeology , Vol .(1), No.3 , 1970 , PP.375-389.

(3) Mannoni, T., Present day Knowledge of Mediterranean pottery after years of thin – Sectioning at the University Of Genoa, in: Current research in Ceramics: thin Section Studies, edited by Freestone, I. et al, Occasional. 32. British Museum , 1982 , PP.89-92.

(4) Fabbri, B., S., et al, Archaeometric investigation of Sgraffito Ceramic Tiles . Recovered from Excavation in Udine , Archaeometry ,vol. 42,(2) 2000, PP.317-324.

(5) Mason, R.B. & Keall , E. J., Petrography of Islamic pottery from Fustat , JARCE , in: Vol . XX V11, American Research Center in Egypt, 1990 , PP.165-183.

وقـد تـم تحضـير ١٤ شريحة من عينات الفسطاط ، حيث تم مراعاة التشابه بين عينات الفسطاط والقطع قيد الدراسة التى تم اختيارها من مجموعة المتحف الاسلامي بكلية اللآثار .

وفيما يلى دراسة العينات الخزفيه المختاره من الفسطاط :

العينه الأولى :تحتوي هذه العينه علي أحد حبيبات البلاجيوكليز داخل نسيج غنى بحبيبات الكوارتز متجانسـة الأحجـام والـتوزيع كما يظهر في الصوره رقم(١١) .ويظهر ايضا التوزيع الجيد لحبيـبات الكوارتز ، كذلك هناك تجمع لبعض حبيبات الكوارتز حيث تتجمع كثير من الحبيبات حول حبيبة واحدة كما يتضح من الصوره رقم (١٢).

العيـنه الثانية : تحتوي علي بعض حبيبات الميكا من نوع البيوتيت **Biotite** المنتشرة داخل نسيج ذو حبيـبات كوارتز خشنةكما يظهر بالصوره رقم (١٣) . وتوضح الصوره رقم(١٤) التداخل بـين الـبدن وطـبقة التـزجيج حيث حدث انتقال من مكونات البدن إلى التزجيج مثل انتقال الكوارتز، بالإضافة إلى ذلك فإن هناك بعض الفقاعات التى لم يكتمل انصهار مكوناتها.

العيـنه الثالـثة :يظهـر في هذه العينه التوزيع المتجانس للفلنت Flint داخل نسيج غنى بأكاسيد الحديـد، كمـا يتضح بالصوره رقم(١٥). هذا بالاضافه الي وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز والبيروكسين كما في الصوره رقم (١٦) .

العيـنه الرابعة : يلاحظ ان نسيج هذه العينه غنى بحبيبات كوارتز كبيرة الحجم مع وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز والبيروكسين كما يتضح من خلال الصوره رقم (١٧) . وتوضح الصوره رقم (١٨) المنطقة الفاصلة بين البدن والتزجيج والتي تتميز بتفاوت سمكها وبداية تحول الطبقة السطحية من البدن إلى تزجيج .



صورة رقم (١١) توضح احد حبيبات البلاجيوكليز
وسط حبيبات الكورتز المنتشرة بشكل متجانس
للعينة الأولى (4X.C.N.)



صورة رقم (١٢) التحام بعض حبيبات الكورتز
معا مع وجود بعض أكاسيد الحديد بالعينة الأولى
(4X.C.N.)



صورة رقم (١٣) توضح وجود بعض حبيبـات البيوتيت
مع تفاوت حجم الكورتز بالعينة الثانية
(10X.C.N.)



صورة رقم (١٤) توضح التداخل بين البدن
وانتقال بعض مكونات البدن إلى التزجيج
العينة الثانية (10XP.L)



صورة رقم (١٥) توضح التوزيع الجيد لحبيبات الفلنت
مع انتشار بعض اكاسيد الحديد العينة الثالثة
(10XC.N.)



صورة رقم (١٦) توضح خليط من الكورتز والفلنت
بالإضافة إلى انتشار بعض حبيبات البلاجيوكليز
العينة الثالثة (10XC.N.)



صــورة رقــم (١٧) توضـــح انتشـــار البلاجيوكليـــز مع وجود
أحد حبيبات البيروكسين العينة الرابعة (10XC.N.)



صورة رقم (١٨) توضح المنطقة الفاصلة بين
البدن والتزجيج العينة الرابعة (4XP.L)

العينه الخامسة : يظهر نسيج متجانس وغنى بحبيبات الفلنت مع وجود بعض حبيبات البيروكسين كما في الصوره رقم (١٩).بالإضافة الي وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز إلى جانب وجود أكاسيد الحديد داخل نسيج غنى بحبيبات الفلنت ويتضح ذلك في الصوره (٢٠).

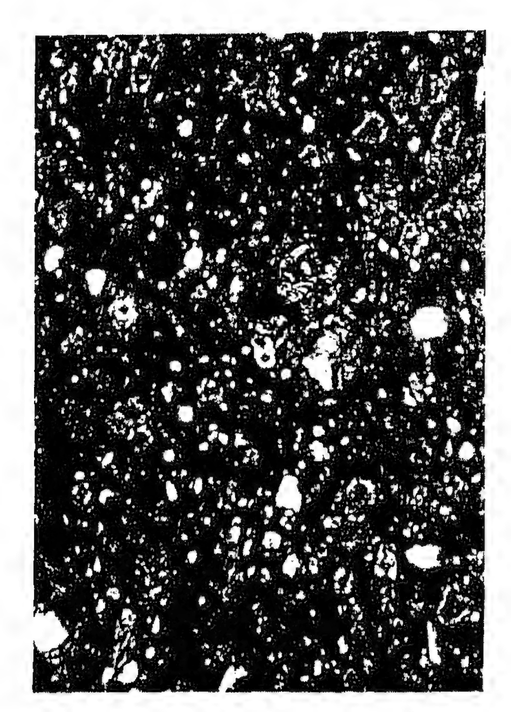
العينه السادسة : توضح الصوره رقم (٢١) طبقة التزجيج والبدن مع تداخل بعض مكونات البدن إلى جانب ظهور تفاوت كبير بين حجم حبيبات الكوارتز المختلفه وتمثل الصوره رقم (٢٢) جزء من الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين وتوضح التوازى فى ترتيب حبيبات الكوارتز مما يدل على استخدام العجلة فى التشكيل مع وجود بعض أكاسيد الحديد والكالسيت .

العينه السابعة : يظهر نسيج متجانس التوزيع لحبيبات الكوارتز متفاوتة الحجم ، هذا إلى جانب الزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز كما في الصوره رقم (٢٣). وتظهر طبقة التزجيج وعدم تجانس سمكها ، التداخل بين البدن والتزجيج و نلاحظ إرتفاع نسبة الكوارتز فى البدن ويظهر أيضا توازى حبيبات الكوارتز مع السطح مما يدل على استخدام العجلة فى التشكيل بالإضافة إلى وجود أكاسيد الحديد بوفرة داخل النسج كما في الصوره رقم(٢٤).

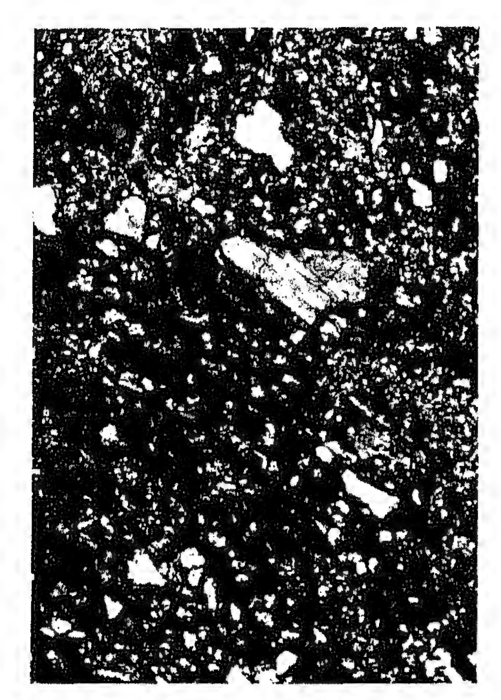
العينه الثامنة : يظهر في هذه العينه طبقة التزجيج والبدن هذا إلى جانب ارتفاع نسبة الكوارتز مع تفاوت حجمها بالاضافه إلى حدوث تشوه لحبيبات الكوارتزكما في الصوره رقم (٢٥).وتوضح الصورة رقم(٢٦) الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين ويظهر أيضا عدم استواء السطح الخارجى للتزجيج .

العينه التاسعة : تظهر طبقة التزجيج مع البدن ونلاحظ أن حجم حبيبات الكوارتز كبير بالإضافة إلى التداخل بين منطقة البدن والتزجيج كما في الصوره رقم (٢٧) .ويظهر أيضا حدوث تشوه فى معظم حبيبات الكوارتز كبيرة الحجم وعدم التجانس فى حجم الحبيبات لنفس الصورة السابقة بين المستقطبين كما في الصوره رقم (٢٨) .

العينه العاشرة : تمثل الصوره رقم (٢٩) التزجيج وجزء من البدن ويلاحظ فى طبقة التزجيج بعض الأجزاء التى لم يكتمل انصهارها حيث يحتوى بعضها على كوارتز والبعض الأخر على طفلة. ويلاحظ أن النسيج غنى بأكاسيد الحديد ويتميز أيضا بدقة حبيباته و هى نفس الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين كما في الصوره رقم (٣٠).



صـورة رقـم (١٩) توضـح تجـانس النسـيج وذلـك وذلك بالتوزيع الجيد للفلنت بالعينة الخامسة (4XC.N.)



صـورة رقـم (٢٠) توضح انتشار اكاسيد الحديد داخل النسيج مع وجود بعض حبيبات البلاجيوكليز بالعيـــنة الخامســـة (10X.C.N.)



صورة رقم (٢١) توضح التدخل بين البدن و والتفـاوت في حجم حبيبـات الكوارتز بالعينة السادسة (10 X P. L).



صورة رقم (٢٢) توضح طبقة التزجيج والبدن التزجيج بين المستقطبين والتوازي بين حبيبات الكوارتز مع وجود بعض أكاسيد الحديد بالعينة السادسة(10XC.N.).



صــورة رقــم (٢٣) الــتوزيع المــتجانس لحبيــبات الكوارتز مع عدم تجـانس في حجم الحبيــبات بالعينة السابعة (4XC.N).



صــورة رقــم (٢٤) توضــح طــبقة التــزجيج ويلاحظ ارتفاع نسبــة الكوارتز واكاسيد الحديد بالعينة السابعة (4X.P.L)



صورة رقم (٢٥) توضح طبقة التزجيج والبدن الذي يتميز بارتفاع نسبة الكوارتز العينة الثامنة (4X.P.L.).



صورة رقم (٢٦) توضح الصــورة الســابقــة بين المستقطبين ونلاحظ تشوه بعض حبيبات الكوارتز العينة الثامنة (4X.C.N.)



صورة رقم (٢٧) توضح التداخل بين البدن والتزجيج ويلاحظ عدم التجانس في الحجم .

العينة التاسعة (4 X P.L.).



صورة رقم(٢٨) توضح الصورة السابقة بين المستقطبين المتعامدين

العينة التاسعة (4 XC.N.).



صورة رقم (٢٩) توضح طبقة التزجيج التي لم يكتمل انصهار كل مكوناتها ومنطقة التداخل بينهما.

العينة العاشرة (4 X P.L.)



صورة رقم(٣٠) توضح الصورة السابقة بين المستقطبين وتوضح النسيج المتجانس دقيق الحبيبات . العينة العاشرة (4 XC.N.)

العينه الحادية عشر : توضح الصورة رقم (٣١) نسيج غنى بأكاسيد الحديد بالإضافة إلى أن حبيبات الكوارتز تتميز بدقة حجمها .ويلاحظ النسيج المتجانس هذا إلى جانب عدم استواء سطح البدن كما يظهر في الصوره رقم (٣٢).

العينه الثانية عشر : يلاحظ طبقة التزجيج وتداخلها مع البدن بالإضافة إلى وجود بعض الفقاعات فى التزجيج التى لم يكتمل انصهار مكوناتها وتداخل بعض مكونات البدن إلى التزجيج كما فى الصورة رقم (٣٣) بالإضافة إلى وجود أرضية غنية بأكاسيد الحديد كما فى الصورة رقم (٣٤) .

العينه الثالثة عشر : توضح الصورة رقم (٣٥) نسيج البدن الذى يتميز بارتفاع نسبة الكوارتز بأحجام متفاوتة ويلاحظ أيضا الزوايا الحادة . كما توضح الصوره رقم (٣٦) وجود تجمعات من حبيبات الكوارتز داخل النسيج ويلاحظ أيضا ارتفاع نسبة الكوارتز واختلاف أحجامه .

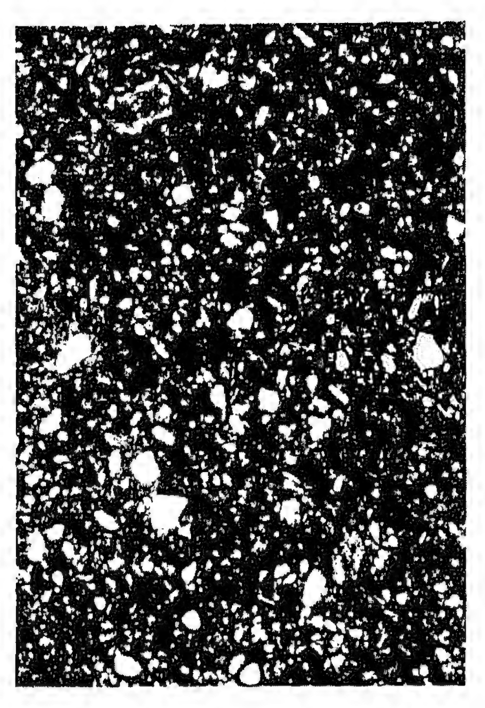
العينه الرابعة عشر: تمثل الصورة رقم (٣٧) نسيج غنى بحبيبات الكوارتز المتفاوت الأحجام ويلاحظ وجود تجمعات من الكوارتز مما يبين عدم تجانس البدن. بالإضافة الي وجود أرضية غنية بأكاسيد الحديد مع وجود أحد حبيبات البيروكسين داخل النسيج كما في الصورة رقم (٣٨).

٢ – حيود الأشعة السينية X – Ray Diffraction

تستخدم هذه الطريقة فى التعرف على المعادن المكونة للخزف وذلك من خلال التركيب البلورى لها . ويعتبر الخزف من المواد المعقدة من الناحية المعدنية وعليه فإنه يحتوى علي عدد كبير من المعادن تشمل خليط من معادن الطفلة بالإضافة إلى بعض المواد غير اللدنة مثل الكوارتز والفلسبار والكالسيت بالإضافة إلى بعض المواد الأخرى [1] كما أن هذه الطريقة مفيدة جدا فى التعرف على معظم المعادن السليكاتية [2] .

وتساعد طريقة حيود الاشعه السينيه فى دراسة التغيرات المعدنية التى حدثت عند حرق الطفلة مما يساعد فى التعرف على درجة حرارة الحرق على أساس أن الأطوار البلورية

(1) Rice , P . M., Pottery analysis, University of Chicago Press, USA, 1987, P.311.
(2)Garrison, E.G., Techniques in Archaeological Geology, Springer, Germany, 2003, P.212.



صورة رقم (٣١) توضح النسيج المتجانس الذي يتميز بدقة حبيباتة .العينة الحادية عشر .

.(4 XC.N.)



صورة رقم (٣٢) توضح أرضية غنية بأكاسيد الحـــديـــد كما أن سطح البدن غير مستوي .

العينة الحادية عشر (10 X P.L.) .

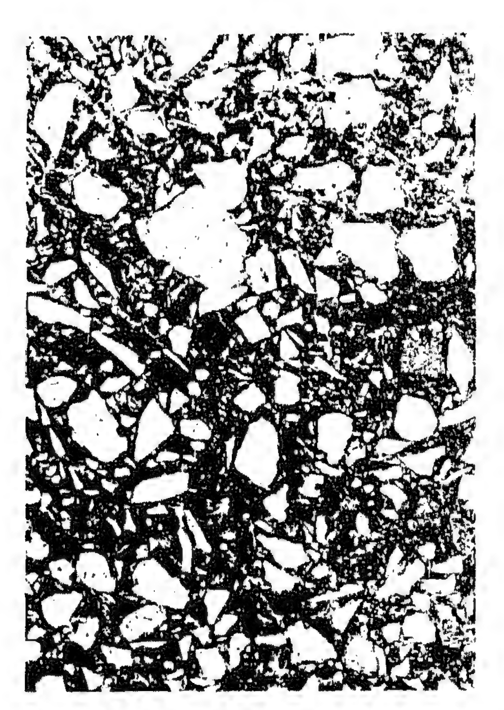


صورة رقم(٣٣) توضح طبقة التزجيج وبها بعـض المكونات التي لم تنصهر

العينة الثانية عشر (4 X P.L.)



صورة رقم(٣٤) توضح الصورة السابقة بين المستقطبين كما أن حبيبـــات الكوارتز الزوايا حادة العينة الثانية عشر (4X C.N.).



صورة رقم (٣٥) توضح أرضية غنية بحبيبات

كوارتز مختلفة الشكل والحجم.

العينة الثالثة عشر(4XP.I.).



صورة رقم (٣٦) توضح طبقة التزجيج ذات السمك

الكبير والزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز .

العينة الثالثة عشر (4X C.N.).



صورة رقم (٣٧) توضـــح التوزيع غير

المتجـــانس للكوارتز مع وجود تجمعات منه

العينة الرابعة عشر (4 X C.N.).



صورة رقم (٣٨) توضح أرضية غنية بأكاسيد

الحديد مع وجود حبيبة من البيروكسين

العينة الرابعة عشر (10 XC.N.).

المختلفة للمعادن فى الطفلة المحروقة تتغير تبعا لدرجة حرارة الحرق [1] .والأشعة السينية عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية Electro Magnetic Radiation ذات أطوال موجية تتراوح بين ٠,٥ إلـــى ٢,٥ أنجســـتروم ويعتبر نمط حيود الأشعة السينية من حيث موقع الانعكاسات وشدة كلا منها مميزا للتركيب البلورى وبالتالى للمادة نفسها [2] .

وقـــد اســـتخدمت هـــذه الطريقة لدراسة بعض العينات المأخوذة من الفسطاط (المجموعة الأولـــي) وهذه العينات عبارة عن كسر مختلفة لمسارج خزفية عثر عليها بالفسطاط تم تحليل جزء منها بالميكروسكوب المستقطب ونفس الكسر تم تحليلها بطريقة حيود الأشعة السينية بالإضافة الي نمـــاذج المسارج قيد الدراسة (المجموعة الثانية)، ويوضح الجدول رقم (٤) قائمة بأسماء المركبات التـــى تـــم الحصول عليها من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية واختصاراتها والتي سيتم استخدامها داخل الأشكال.

وفـــيما يلى أهم المكونات التى تم الحصول عليها عند تحليل المجموعه الاولي(الفسطاط) بطريقة حيود الأشعه السينيه :

- **العيـــنة** (١) تحتوي علي الكوارتز SiO_2 و يتواجد بنسبة ٦٠,٧% و التريديميت SiO_2 يتواجد بنســـبة ١٦,٤% و الجهلينيت $Ca\ Al_2\ SiO_7$ ويتواجد بنسبة١١,٥% و السبينيل $Mg\ Al_2\ O_4$ يتواجد بنسبة٨,٢% و البلوستيت FeO الذي يتواجد بنسبة ٣% . و يتضح ذلك فى الشكل رقم (١٠) والجدول رقم (٥) ويظهر ارتفاع نسبة الكوارتز بالعينة .
- **العينة** (٢). تحتوي هذه العينه علي الكوارتزSiO_2 و يتواجد بنسبة٦٥,٢% ،سيليكات الألومنيوم والماغنسيوم $Mg\ Al\ Si3\ O_{10}$ و يتواجد بنسبة ١٦% بالاضافه الي الجهلينيت $Ca\ Al_2\ SiO_7$ الذي يتواجد بنسبة ١٠,٨% و السبينيل $Mg\ Al_2\ O_4$ يتواجد بنسبة ٧,٨%.. ويتضح ذلك فى شكل رقم (١١) وجدول رقم(٦) .
- **العينة** (٣) تحتوي هذه العينة علي الكوارتزSiO_2 يتواجد بنسبة ٦٤,٩% والكريستوباليت SiO_2 يتواجد بنسبة ١٦ % والأورثوكليز$KAl\ Si_3\ O_8$ يتواجد بنسبة ١٢,٧% والماجنيتيت $Fe_3\ O_4$ يتواجد بنسبة ٦,٢ % . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٢) وجدول رقم (٧) .

---

(١) محمد محمد مصطفى : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك فى مصر مع ترميم قطع فخار أثرية، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار . جامعة القاهرة ، ١٩٩١ ، ص ١٩٧ .

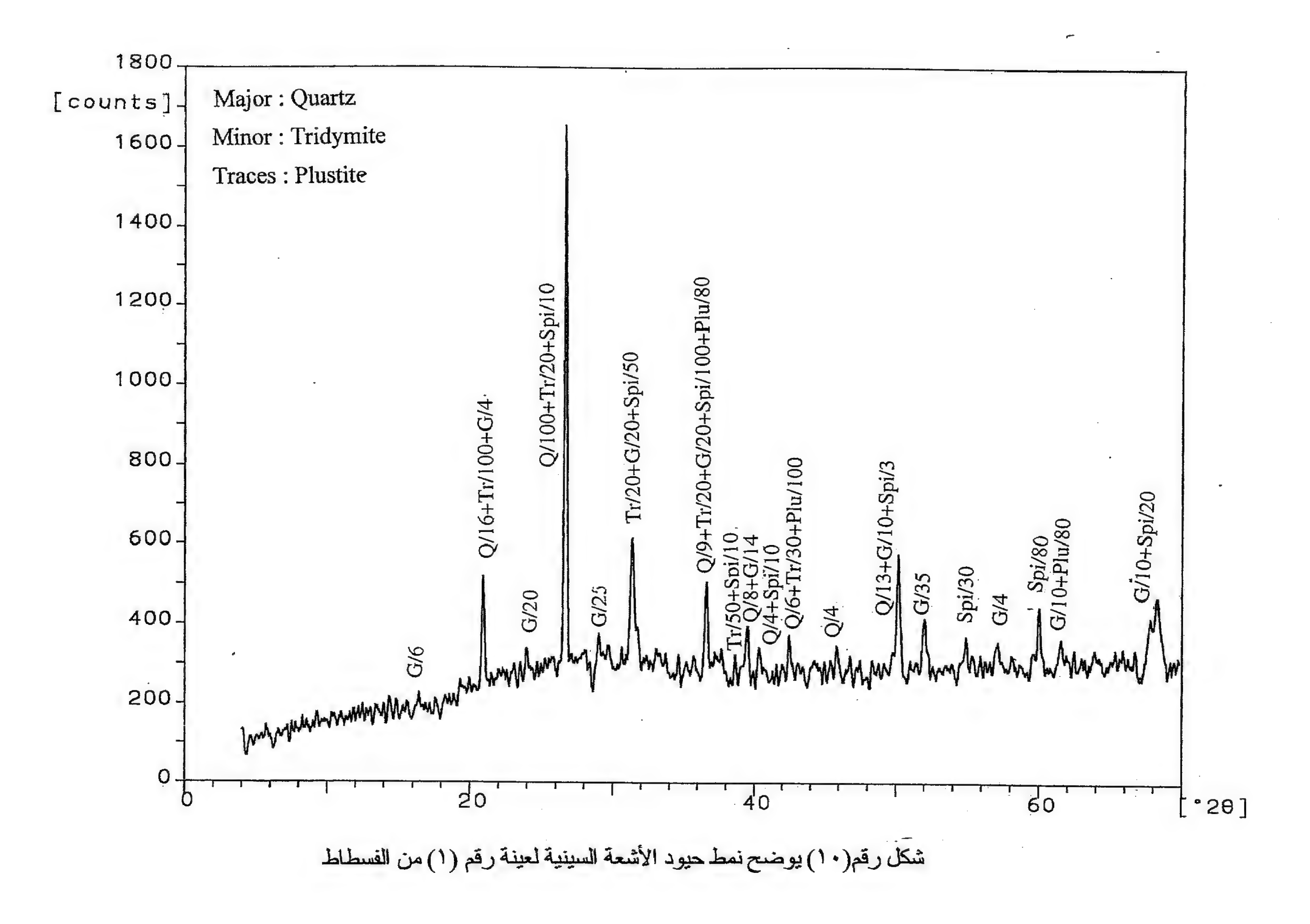
(٢) فاطمة حلمى : تطبيقات التكنولوجيا الحديثة فى حقل الآثار ، محاضرات السنة التمهيدية للماجستير، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ٢٠٠١ .

جدول رقم (٤) يوضح قائمة المركبات التي تم الحصول عليها
من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية واختصاراتها المستخدمة في الجداول

Mineral المعدن	**Chemical الرمز الكيميائي Symbol**	**الاختصار Abbreviation**	**Card رقم الكارت Number**
Anorthite	calcium Sodium Almnium silicate	Anr	20-0528
Calcite	$CaCO_3$	Cal	29-0305
Calcium Iron Oxide	CaO:2FeO	CIO	06-0602
Cristobalite	SiO_2	Crs	03-0276
Diopside	$CaMg\ (SiO)_2$	Dio	11-0654
Fayalite	$Fe_2\ SiO_4$	Fay	34-0178
Gehlenite	$Ca\ Al_2\ SiO_7$	G	20-0199
Goethite	FeO (OH)	Goth	17-0536
Gypsum	$Ca\ SO_4 . 2H_2O$	Gps	33-0311
Halite	Na Cl	Hal.	05-0628
Hematite	$Fe_2\ O_3$	Hem	33-0664
Iron Phosphate	$Fe_3\ PO_7$	I.P.	14-0147
Labradorite	calcium Sodium Almnium silicate	Lab	10-360
Magnesium Aluminum silicate	$Mg\ Al\ Si_3\ O_{10}$	MAS	25-0511
Magnesium Silicate hydroxide	$Mg_9\ (SiO_4)_4\ (OH)_2$	MSH	31-0809
Magnetite	$Fe_3\ O_4$	Mag	11-0614
Microcline	$KAlSi_3\ O_8$	Micr.	19-0932
Mullite	$Al_6\ Si_2\ O_3$	MuL.	15-0776
Orthoclase	$KAl\ Si_3\ O_8$	Orth	09-0462
Plustite	FeO	Plu	46-1312
Potassium Iron silicate	$K\ Fe\ Si_3\ O_8$	PIS	14-0617
Quartz	SiO_2	Q	46-1045,50-490, 33-1161
Spinel	$Mg\ Al_2\ O_4$	Spi	03-0901
Tridymite	SiO_2	Tr	14-260
Wollastonite	$Ca\ SiO_3$	WoL.	10-0487

جدول رقم (٥) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١) من الفسطاط

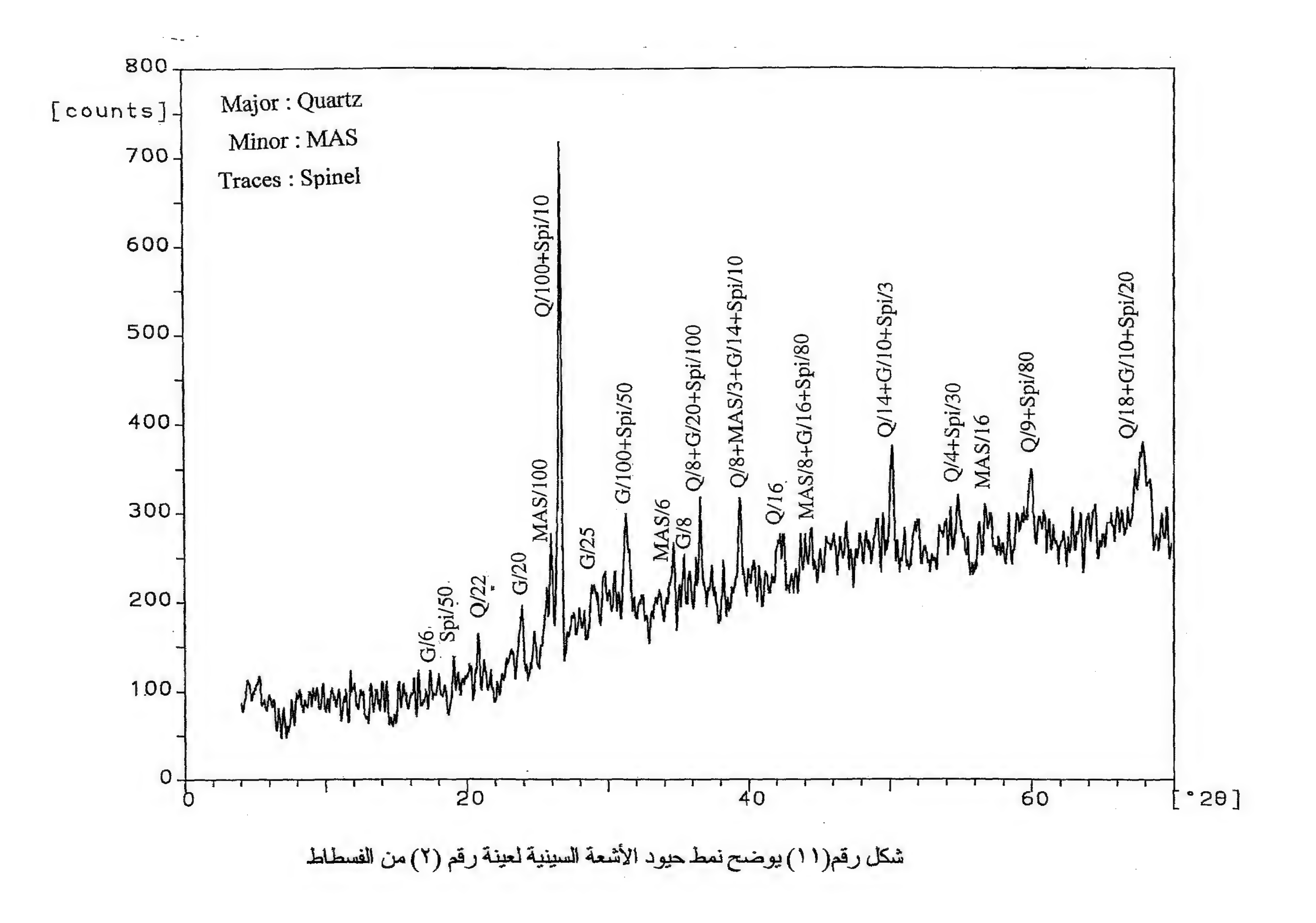
No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				46-1045 Quartz	14-260 Tridymite	20-0199 Gehlenite	03-0901 Spinel	40-1312 Plustite
1	16.33	3	5.4236			5.4616		
2	20.91	27	4.2448	4.255/16	4.27/100	4.2214		
3	23.94	5	3.714			3.71/20		
4	26.68	100	3.3379	3.3435/100	3.34/20		3.35/10	
5	29.95	5	3.0811			3.07/25		
6	31.36	19	2.8501		2.85/20	2.85/100	2.83/50	
7	36.62	14	2.4519	2.4569/9	2.45/20	2.43/20	2.43/100	2.47/80
8	38.63	3	2. 288		2.30/50		2.34/10	
9	1039.53	7	2.2778	2.2815/8		2.29/14		
10	40.32	3	2.2347	2.2361/4			2.25/10	
11	42.44	5	2.1281	2.1277/6	2.12/30			2.14/100
12	45.90	2	1.9752	1.9799/4		1.96/2		
13	50.16	13	1.8172	1.8180/13		1.81/10	1.82/3	
14	52.02	5	1.7564			1.75/35		
15	54.94	1	1.6699				1.65/30	
16	57.05	2	1.6129			1.61/4		
17	60.00	6	1.0540				1.55/80	
18	61.48	2	1.5070			1.51/16		1.51/80
19	68.28	5	1.3725			1.37/10	1.37/20	



شكل رقم(١٠) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١) من الفسطاط

جدول رقم (٦) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٢) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				33-1161 Quartz	25-0511 MAS	20-0199 Gehlenite	03-0901 Spinel
1	17.38	14	5.0968			5.08/6	
2	19.05	8	4.6549				4.68/50
3	20.80	14	4.2660	4.257/22			
4	23.93	14	3.7148		3.71/20		
5	25.97	25	3.4275		3. 42/100		
6	26.67	100	3.3397	3.342/100			3.35/10
7	28.45	9	3.0816			3.07/25	
8	30.50	14	2.9285				
9	31.32	17	2.8532			2.85/100	2.83/50
10	34.68	6	2.5845		2.595/6		
11	35.42	5	2.5318			2.535/8	
12	36.58	12	2.4545	2.457/8		2.435/20	2.43/100
13	39.39	9	2.2856	2.282/8	2.298/3	2.29214	2.25/10
14	42.27	5	2.1363	2.127/6			
15	44.20	2	2.0472		2.072/8	2.043/16	2.02/80
16	50.25	8	1.8142	1.8179/14		1.812/10	1.82/3
17	54.83	5	1.6728	1.6719/4			1.065/30
18	56.86	4	1.6179		1.613/16		
19	59.98	5	1.5415	1.5418/9			1.55/80
20	67.94	5	1.3785	1.3718/8		1.375/10	1.47/20



شكل رقم(١١) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٢) من الفسطاط

جدول رقم (٧) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٣) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				33-1161 Quartz	**03-0276 Cristobalite**	**09-0462 Orthoclase**	**11-0614 Magnetite**
1	22.26	25	3.9895		3.99/100		
2	26.86	100	3.3159	3.342/100		3.33/70	
3	28.08	20	3.1746		3.19/80	3.18/100	
4	30.01	10	2.9752		2.94/40	3/70	2.96/70
5	35.73	10	2.5109		2.50/60	2.53/70	2.53/100
6	39.63	6	2.2723	2.282/8		2.29/70	
7	45.51	3	1.9915	1.9792/4	2.02/40	1.99/60	
8	50.24	5	1.8143	1.8179/14		1.82/70	
9	60.09	9	1.5385	1.5418/9	1.54/40	1.53/60	
10	62.21	3	1.4909		1.49/60	1.49/60	1.48/85
11	68.20	4	1.3739	1.3718/8	1.37/40	1.37/70	

شكل رقم(١٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٣) من الفسطاط

- **العينة** رقم (٤) تحتوي العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٧٥,٧ % والكالسيت $CaCO_3$ ويتواجد بنسبة ٨,٦% والصابونيت Calcium Magnesium Hydroxide Hydrate يتواجد بنسبة ٧,٨% والأنورثيت Sodium Calcium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٧,٧% . ويتضح ذلك فى الشكل رقم (١٣) وجدول رقم (٨) .

- **العينة** (٥) تحتوي العينة علي الجهلينيت $Ca_2 AL_2 SiO_7$ يتواجد بنسبة ٣٤,٦% والكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٣٠% و الهيماتيت $Fe_2 O_2$ يتواجد بنسبة ١١,٥ % و السبينيل $Mg Al_2 O_4$ يتواجد بنسبة ٩,٤ % و الكالسيت $Ca CO_3$ يتواجد بنسبة ٨,١ % و الفياليت $Fe_2 SiO_4$ يتواجد بنسبة ٦,٢% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٤) وجدول رقم (٩) .

- **العينة** (٦) تحتوي العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة٧٩,١% و الهاليت Na Cl يتواجد بنسبة٦,١ % والأنورثيت Sodium Calcium Aluminum silicate يتواجد بنسبة ٥,٦ % والكالسيت $Ca CO_3$ يتواجد بنسبة ٤,٥%والسبينيل $Mg Al_2 O_4$ يتواجد بنسبة ٤,٥ % . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٥) وجدول رقم (١٠)

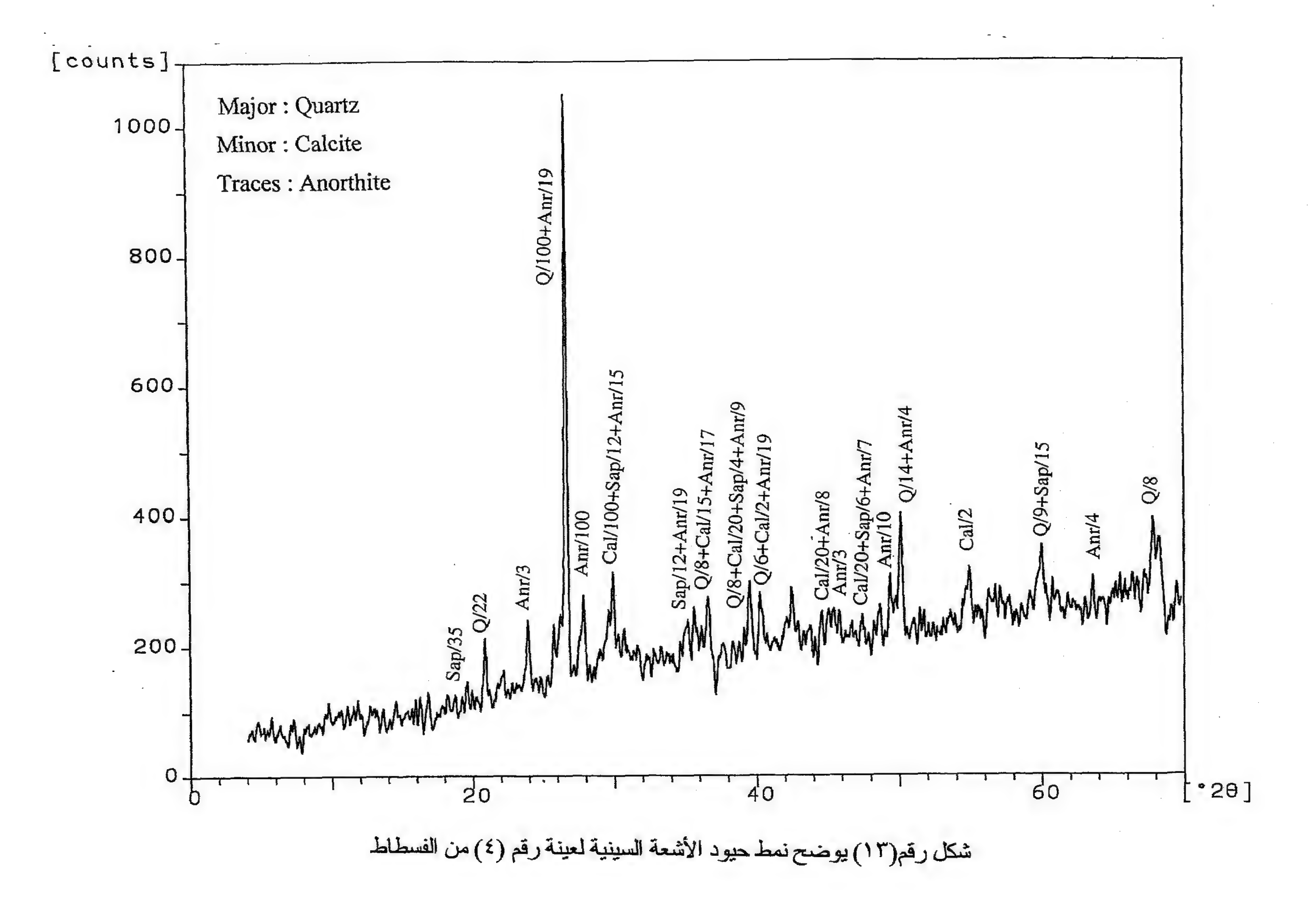
- **العينة** (٧) تحتوي العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٧٧,٢%والتريديميت SiO_2 يتواجد بنسبة ١٢,٣% والسبينيل $Mg AL_2 O_4$ يتواجد بنسبة ٥,٤% و أكسيد الحديد والكالسيوم CaO : 2FeO يتواجد بنسبة ٣ % والميكروكلين $KAL Si_3 O_8$ يتواجد بنسبة ١,٨ % . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٦) وجدول رقم (١١)

- **العينة** (٨) تحتوي العينة علي الكوارتزSiO_2 يتواجد بنسبة ٦٦,٤% والتريديمت SiO_2 يتواجد بنسبة ١٩,٨% و السبينيل $Mg Al_2 O_4$ يتواجد بنسبة ٧,٧% والموليت $Al_6 Si_2 O_3$ يتواجد بنسبة ٥,٩ % . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٧) وجدول رقم (١٢).

- **العينة** (٩) تحتوي هذه العينة علي الكوارتزSiO_2 يتواجد بنسبة ٦٤,٧%و التريديميت SiO_2 يتواجد بنسبة ١١,٩% و أكسيد الحديد والكالسيوم CaO : 2FeO يتواجد بنسبة ٩,٢%والأورثوكليز $KAL Si_3 O_8$ يتواجد بنسبة ٥,٨% بالاضافه الي الولاستونيت $Ca SiO_3$يتواجد بنسبة ٥,٨% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٨) وجدول رقم (١٣) .

جدول رقم (٨) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٤) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				33-1161 Quartz	**29-0305 Calcite**	**25-1498 Saponite**	**20-0528 Anorthite**
1	5.71	10	15.4513			15.5/100	
2	19.61	5	4.5221			5.53/35	
3	25.77	8	3.4536				3.468/3
4	26.68	100	3.3379	3.342/100			3.36/7
5	27.89	10	3.1963				3.197/100
6	29.94	11	2.9820		2.998/100	3.10/12	2.954/15
7	35.61	7	2.5191			2.54/12	2.513/19
8	36.62	8	2.4516	2.457/15			2.457/17
9	39.52	9	2.2784	2.282/8	2.264/20	2.27/4	2.28/9
10	40.25	6	2.2385	2.237/4			2.23/3
11	42.49	6	2.1258	2.127/6	2.113/2		2.139/19
12	44.62	3	2.0291		2.064/20		2.02/8
13	45.29	2	2.0006				2.004/3
14	48.64	2	1.8704		1.886/20	1.87/6	1.88/7
15	49.42	5	1.8427				1.839/10
16	50.16	9	1.8170	1.8179/14			1.816/4
17	54.92	4	1.6703		1.69/2		
18	59/97	4	1.5411	1.5418/9		1.518/15	
19	63.62	2	1.4612				1.469/4
20	68.32	4	1.3718	1.3718/8			



شكل رقم(١٣) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٤) من الفسطاط

جدول رقم (٩) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة (٥) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals					
				20-0199 Gehlenite	33-1161 Quartz	33-0664 Hematite	03-0901 Spinel	05-0586 Calcite	34-0178 Fayalite
1	21.02	23	4.2229	4.22/4	4.257/22				
2	24.12	27	3.6867	3.71/20		3.684/30			
3	26.80	87	3.3232		3.342/100		3.35/10		
4	29.19	23	3.0569	3.07/25				3.035/100	3.064/6
5	31.48	100	2.8395	2.85/100			2.83/50	2.845/3	2.829/86
6	33.39	33	2.6813			2.7/100	2.71/10		
7	35.67	18	2.5150	2.535/8		2.519/70		2.495/14	2.5/100
8	36.78	27	2.4413	2.435/20	2.457/8		2.43/100		
9	37.59	22	2.3908	2.404/25					2.407/25
10	39.31	17	2.2901	2.292/14	2.282/8	2.292/3		2.285/18	2.30/21
11	44.56	10	2.0315	2.043/16			2.02/80		
12	48.07	5	1.8910					1.913/17	1.922/5
13	48.94	5	1.8596	1.864/6		1.8406/40		1.875/17	1.8418/12
14	50.15	14	1.8142	1.812/10	1.8179/14		1.82/3		1.8327/10
15	52.21	21	1.7506	1.754/35			1.73/10		1.7624/6
16	54.85	5	1.6724		1.6718/4	1.6941/45	1.65/30		1.6789/15
17	57.29	17	1.6068	1.616/4		1.6033/5	1.59/5	1.604/8	1.6044/9
18	58.69	10	1.5717			1.5992/10		1.587/2	1.5885/6
19	60.19	7	1.5362		1.5418/9		1.55/80		1.5367/11
20	61.23	7	1.5125	1.519/16				1.518/4	1.5151/31
21	64.19	4	1.4496	1.437/6	1.4536/1	1.4538/30		1.44/5	14383/2
22	68.21	7	1.3739	1375/10	1.3718/8		1.37/20		1.3719/9

[counts]

1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

Major : Gehlenite
Minor : Hematite
Traces : Fayalite

G/4+Q/22
G/20+Hem/30
Q/100+Spi/10
G/25+Cal/100+Fay/6
G/100+Spi/50+Cal/3+Fay/86
Hem/100+Spi/10
G/8+Hem/70+Cal/14+Fay/100
G/20+Q/8+Spi/100
G/25+Fay/25
G/14+Q/8+Hem/3+Cal/18+Fay/21
G/16+Spi/80
Cal/17+Fay/5
G/6+Hem/40+Cal/17+Fay/12
G/10+Q/14+Spi/3+Fay/10
G/35+Spi/10+Fay/6
Q/4+Hem/45+Spi/30+Fay/15
G/4+Hem/5+Spi/5+Cal/8+Fay/9
Hem/10+Cal/2+Fay/6
Q/9+Spi/80+Fay/11
G/16+Cal/4+Fay/31
G/6+Q/1+Hem/30+Cal/5+Fay/2
G/10+Q/8+Spi/20+Fay/9

0
20
40
60
[°2θ]

شكل رقم(١٤) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٥) من الفسطاط

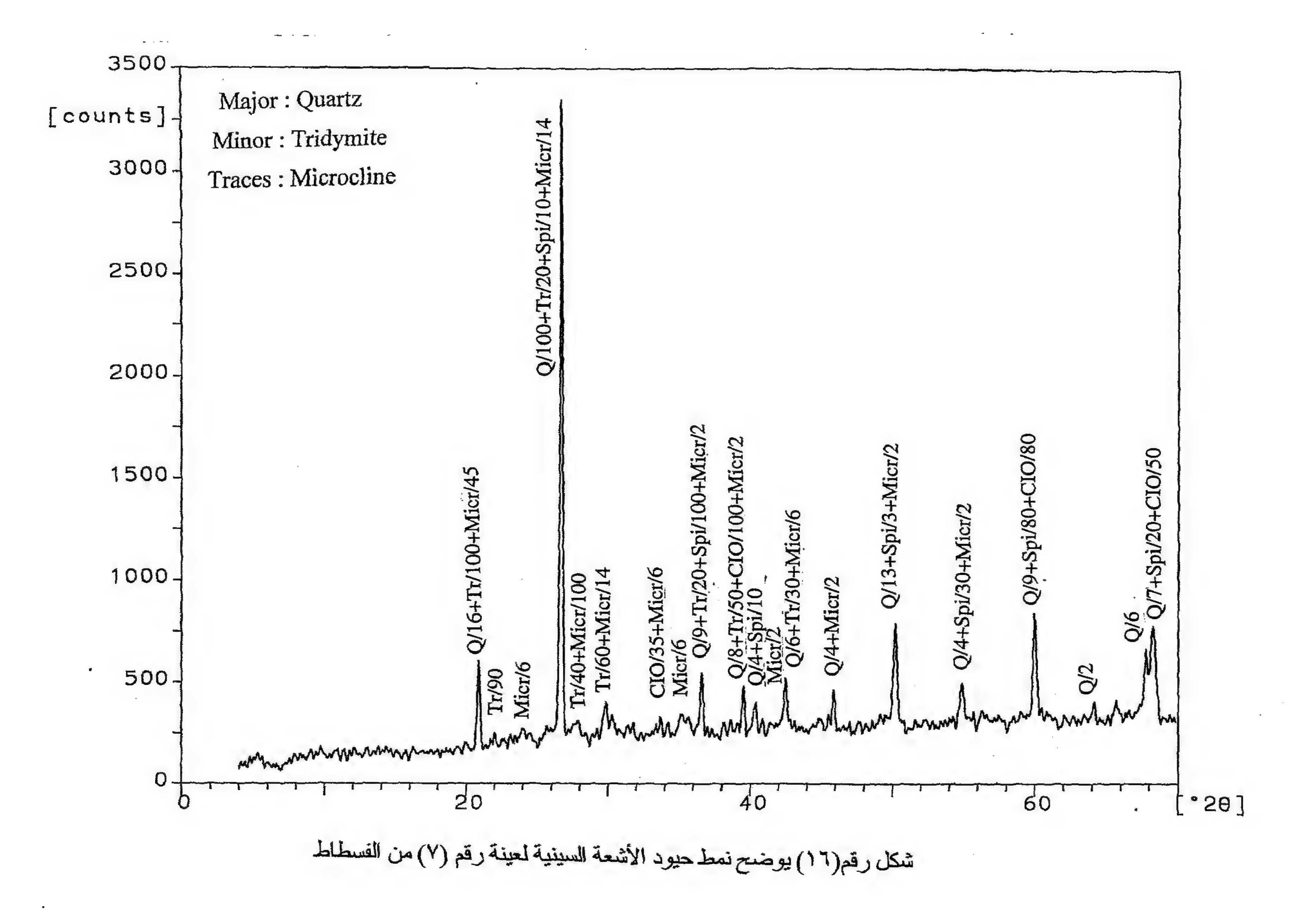
جدول رقم (١٠) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة
حيود الأشعة السينية لعينة (٦) من الفسطاط

No. Of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				05-0490 Quartz	05-0628 Halite	20-0305 Anorthite	29-0305 Calcite	03-0901 Spinel
1	20.12	2	4.3946			4.361/2		
2	22.19	4	4.0019			4.041/82		
3	23.84	2	3.7293			3.761/48		
4	26.88	100	3.314	3.343/100			3.35/10	
5	28.01	7	3.1823			3.197/100		
6	29.66	6	3.0090			3.036/10	2.998/100	
7	31.90	8	2.8020		2.821/100	2.813/4	2.798/5	2.83/50
8	33.89	3	2.0425			2.649/3		
9	35.14	2	2.5517			2.554/3		
10	35.76	3	2.5089			215010/10		
11	36.79	6	2.4406	2.458/12		2.459/17	2.47/15	2.43/100
12	39.69	8	2.2690	2.282/12		2.264/8	2.264/20	2.25/10
13	40.49	5	2.2260	2.237/6		2.224/2		
14	42.65	5	2.1179	2.128/9		2.118/3	2.113/2	
15	45.62	4	1.9869	1.98/6	1.994/55	1.984/2		2.02/80
16	46.00	3	1.9712			1.968/3	1.954/5	
17	47.45	1	1.9143			1.927/8		
18	48.59	1	1.8722			1.88/7	1.886/20	
19	50.35	13	1.8106	1.817/17		1.816/4		1.82/3
20	55.07	2	1.6661	1.672/7		1.652/3	1.69/2	1.65/30
21	56.58	1	1.6252		1.628/15	1.627/2	1.604/10	
22	59.13	1	1.5611			1.564/2		1.55/80
23	60.14	7	1.5372	1.541/15		1.536/2	1.518/10	
24	64.21	2	1.4492	1.453/3		1.448/3		
25	66.20	1	1.4105		1.41/6			
26	67.86	4	1.3799	1.375/11				1.37/20
27	68.48	7	1.3690					1.35/5

شكل رقم(١٥) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٦) من الفسطاط

جدول رقم (١١) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة
حيود الأشعة السينية لعينة (٧) من الفسطاط

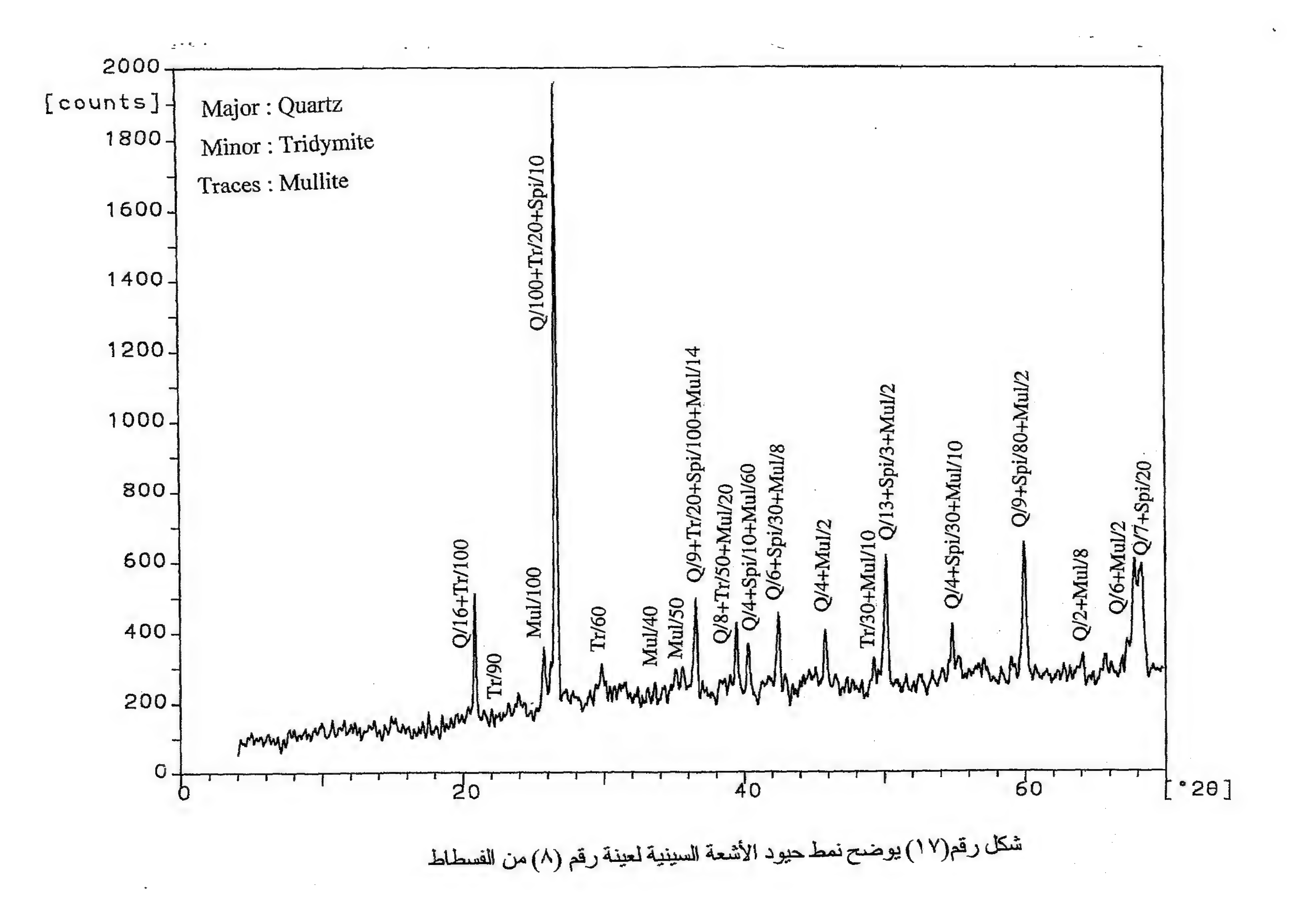
No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				46-1045 Quartz	14-260 Tridymite	03-0901 Spinel	66-0602 Calcium Iron oxide	19-0932 Microcline
1	20.89	16	4.255/16	4.255/16	4.27/100			4.22/45
2	21.94	1	4.0469		4.07/90			
3	24.23	2	3.6695					3.63/6
4	26.70	100	3.3360	3.3435/100	3.34/20	3.35/10		3.33/14
5	27.85	2	3.2008		3.23/40			3.24/100
6	29.88	4	2.9873		2.95/60			2.974/14
7	34.26	2	2.6152				2.59/35	2.608/6
8	35.12	2	2.5531					2.5560/6
9	36.59	7	2.4569	2.4569/9	2.45/20	243/100		2.423/2
10	39.53	4	2.2776	2.2815/8	2.30/50		2.243/100	2.277/2
11	40.38	2	2.2318	2.2361/4		2.25/10		
12	40.88	1	2.2054					2.207/2
13	42.49	4	2.1258	2.1277/6	2.12/30			2.111/6
14	45.89	3	1.9759	1.9799/4				1.978/2
15	50.18	8	1.8164	1.818/13		1.82/3		1.817/2
16	54.88	3	1.6717	1.6717/4		1.65/30		1.665/2
17	59.97	7	1.5411	1.5415/7		1.55/80	1.589/80	
18	64.12	1	1.4512	1.4929/2				
19	67.76	5	1.3818	1.3821/6				
20	68.37	5	1.3709	1.3750/7		1.37/20	1.35/50	



شكل رقم(١٦) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٧) من الفسطاط

جدول رقم (١٢) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (٨) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				46-1045 Quartz	14-260 Tridymite	03-0901 Spinel	15-0776 Mullite
1	20.87	30	4.2529	4.255/16	4.27/100		
2	22.03	2	4.0306		4.07/90		
3	25.76	9	3.4549				3.39/100
4	26.66	100	3.3409	3.3435/100	3.35/10		
5	29.88	5	2.9873		2.95/60		
6	33.66	2	2.6600				2.694/40
7	35.32	2	2.5391				2.542/50
8	36.58	12	2.4545	2.4509/9	2.45/20	2.43/100	2.428/14
9	39.45	9	2.2820	2.2815/8	2.30/50		2.428/14
10	40.30	6	2.2358	2.2361/4		2.25/10	2.206/60
11	42.49	7	2.1255	2.12771/6	2.12/30		2.106/8
12	45.80	5	1.9793	1.9799/4			1.969/2
13	49.29	3	1.8470		1.87/30		1.841/10
14	50.16	11	1.8170	1.8180/13		1.82/3	1.7954/2
15	54.86	5	1.6720	1.6717/4		1.65/30	1.694/10
16	59.95	10	1.5417	15415/9		1.55/80	1.5461/2
17	64.05	1	1.4525	1.4529/2		1.47/1	1.4421/18
18	65.77	1	1.4186	1.4184/1			1.4046/8
19	67.76	7	1.3821/6				1.3932/2
20	68.35	6	1.3712	1.3750/7		1.37/20	



شكل رقم(١٧) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٨) من الفسطاط

جدول رقم (١٣) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود
الأشعة السينية لعينة (٩) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				05-0490 Quartz	14-260 Tridymite	06-0602 Calcium Iron Oxide	09-0462 Orthoclse	10-0487 Wollastonite
1	15.16	3	5.394				5.86/20	
2	20.85	18	4.2559	4.26/35	4.27/100		4.25/30	
3	26.66	100	3.3409	3.343/100	3.34/20		3.33/70	3.31/80
4	27.99	13	3.1851				3.18/100	3.16/5
5	29.79	9	2.9966		2.95/60		3.00/70	2.97/100
6	34.95	5	2.5648			2.59/35	2.53/70	2.55/30
7	36.49	8	2.4603	2.458/12	2.45/20		2.47/60	2.47/60
8	37.67	3	2.3856				2.39/60	
9	39.46	14	2.2814	2.282/12	2.30/50	2.243/100	2.29/40	2.29/40
10	42.34	7	2.1327	2.128/9	2.12/30		2.13/40	
11	44.61	41	2.0295				1.99/60	2.01/20
12	47.99	2	1.8942		1.87/30		1.91/60	1.88/20
13	49.44	10	1.8420				1.86/60	1.83/60
14	50.15	11	1.8175	1.817/17			1.82/70	1.80/5
15	54.83	2	1.6728	1.672/7			1.69/30	
16	59.94	12	1.5418	1.541/15		1.589/80	1.53/60	1.531/10
17	62.17	2	1.4918				1.49/60	1.478/20
18	63.99	3	1.4537	1.453/3			1.45/80	1.455/30
19	67.66	6	1.3836	1.382/7				1.387/5
20	68.32	7	1.3717	1.3720/9		1.354/50	1.37/70	

شكل رقم(١٨) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (٩) من الفسطاط

- **العينة (١٠)** تحتوي هذه العينة علي الأورثوكليز $KAlSi_3O_8$ يتواجد بنسبة ٨٢,٧% و السبينيل $Mg\ Al_2O_4$ يتواجد بنسبة ٦,٤% وسيليكات الماغنسيوم $Mg\ (SiO4)_4\ (OH)_2$ يتواجد بنسبة ٦,١% و الأنورثـيت Calcium Sodium Aluminum silicate يـتواجد بنسـبة ٤,٧% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (١٩) وجـدول رقم (١٤) .

- **العيـنة (١١)** تحـتوي هـذه العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٧٣,١% واللابرادوريت يـتواجد بنسـبة ٢٣,٥% الهيماتيت Fe_2O_3 يتواجد بنسبة ٣,٣%. ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٠) وجدول رقم (١٥) .

- **العينة رقم (١٢)** تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 تواجد بنسبة ٧٨,١% والسبينيل $Mg\ AL_2\ O_4$ يتواجد بنسبة ٧,٥% وأكسيد الحديد والكالسيوم $CaO{:}\ 2FeO$ يتواجد بنسبة ٥,٦% والبلوسـتيت FeO يتواجد بنسبة ٤,٣ % و الأورثوكليز $KAL\ Si_3\ O_8$ يتواجد بنسبة ٤,٣% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢١) وجدول رقم (١٦)

- **العينة (١٣)** تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٦٨,٣% ،التريديميت SiO_2 يـتواجد بنسبة ١٢,٥% ، الكالسيت $CaCO_3$ يتواجد بنسبة ١٠,٧% ، الفياليت $Fe_2\ SiO_4$ يتواجد بنسـبة ٤,٣% و البلوستيت FeO يتواجد بنسبة ٤,١%.ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٢) وجدول رقم (١٧)

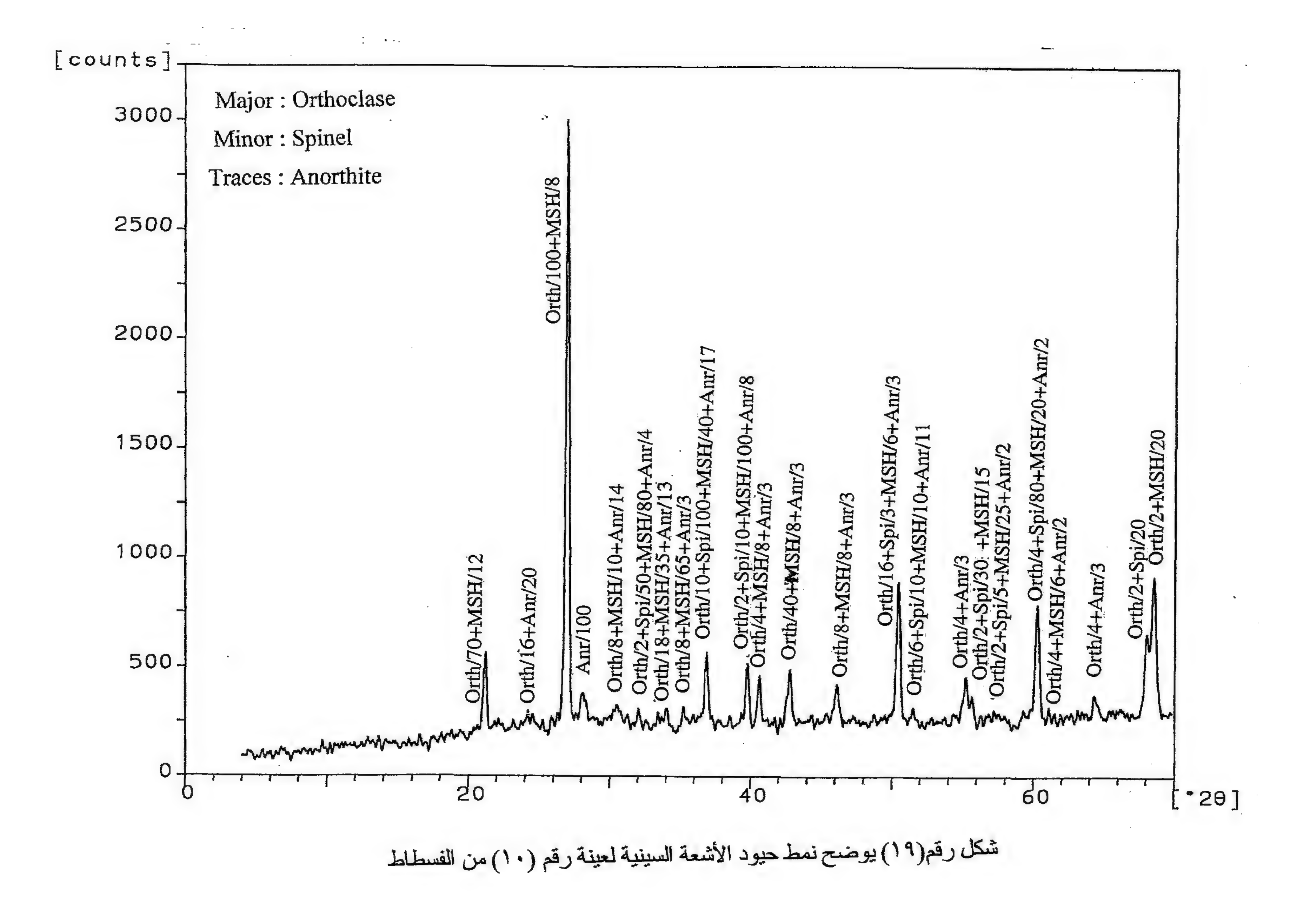
- **العيـنة رقـم (١٤)** تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٧١% ، التريديميت SiO_2 يتواجد بنسبة ٢١% ،البلوستيت FeO يتواجد بنسبة ٤% والأنورثيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٣,٦% ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٣) وجدول رقم(١٨)

نتائج تحليل المجموعه الثانيه(المتحف الاسلامي بكلية الآثار) بطريقة حيود الأشعه السينيه

- **عيـنة مـن القطعة رقم (٢)** تحتوي هذه العينة علي سيليكات الحديد والبوتاسيوم $KFeSi_3O_8$ يـتواجد بنسـبة ٧٥,٤% و التريديميت SiO_2 و يتواجد بنسبة ١٤,٥% و الولاستونيت $CaSiO_3$ يتواجد بنسبة ٩,٩% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٤) وجدول رقم (١٩) .

جدول رقم (١٤) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١٠) من الفسطاط

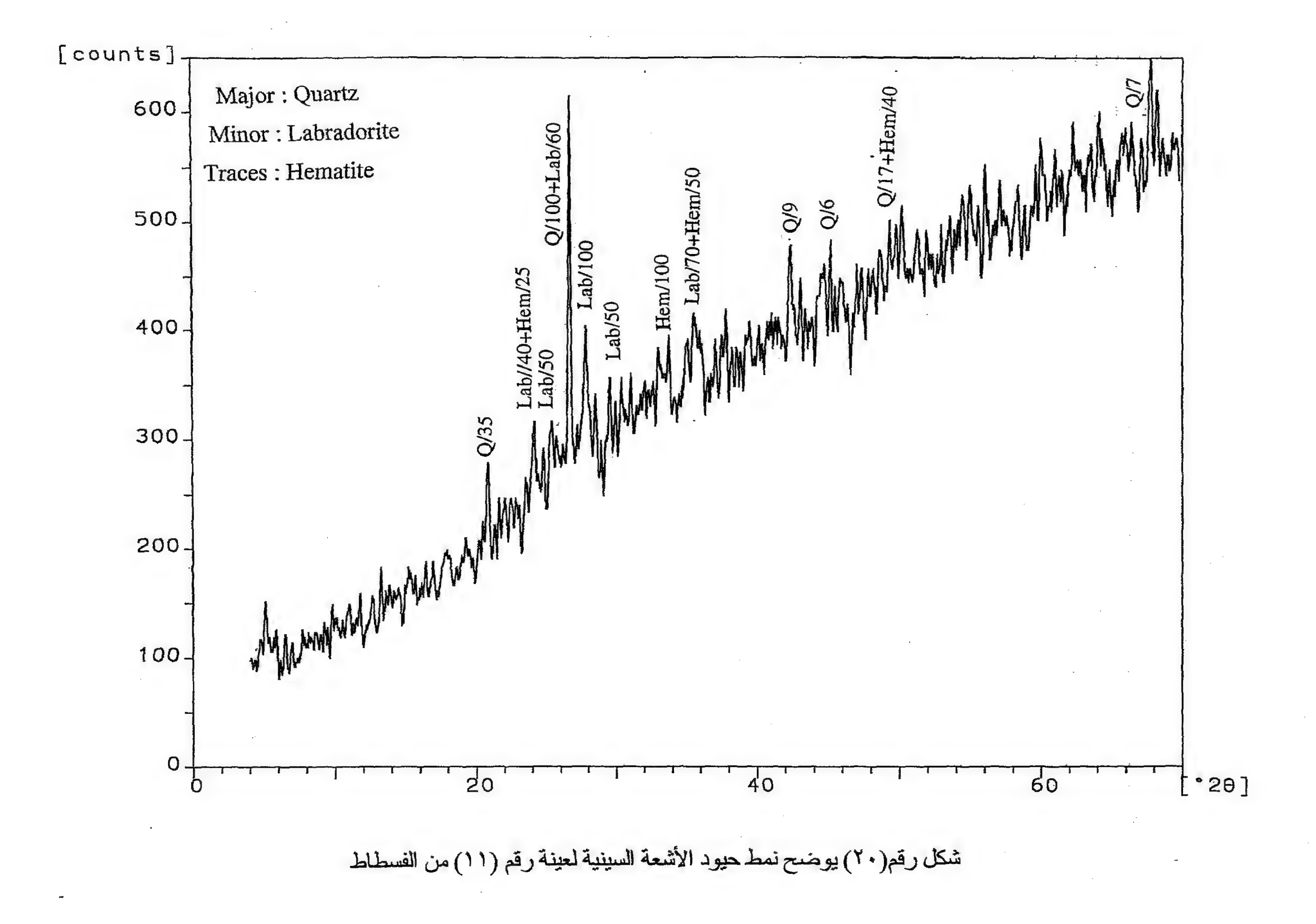
No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				31-0966 Orthoclase	03-0901 Spinel	31-0809 MSH	20-0528 Anorthite
1	21.20	17	4.1864	4.22/70		4.189/2	
2	24.63	2	3.6108	3.61/16			3.631/20
3	27.00	100	3.2990	3.31/100		3.262/8	
4	28.14	6	3.1685				3.197/100
5	30.44	3	2.9341	2.93/8		3.93/10	2.938/14
6	32.02	3	2.7924	2.783/2	2.83/50	2.775/80	2.813/4
7	34.06	4	2.6297	2.601/18		2.616/35	2.649/3
8	35.28	2	2.5415	2.553/8		2.553/65	2.554/3
9	36.86	8	2.4365	2.415/10	2.43/100	2.4/9/40	2.45917
10	39.78	7	2.2638	2.263/2	2.25/10	2.269/100	2.264/8
11	40.67	6	2.2166	2.2/4		2.215/8	2.224/2
12	42.81	6	2.1104	2.113/46		2.091/8	2.118/3
13	46.15	4	1.9653	1.971/8		1.9501/8	1.968/3
14	50.44	12	1.8076	1.8010/16	1.82/3	1.8087/6	1.8090/3
15	51.46	1	1.7741	1.77/6	1.73/10	1.7804/10	1.77/11
16	55.27	4	1.6605	1.675/4			1.652/3
17	55.68	2	1.6493	1.643/2	1.65/30	1.6348/15	
18	257.23	1	1.6082	1.605/2	1.59/5	1.6223/25	1.6040/2
19	60.260	9	1.5345	1.5310/4	1.55/80	1.5377/20	1.5360/2
20	61.08	1	1.5159	1.512/4		1.5136/6	1.5110/2
21	64.28	2	1.4479	1.4480/4			1.4481/3
22	67.97	6	1.3780	1.378/2	1.37/20		
23	68.55	9	1.3677	1.363/2		1.35/20	



شكل رقم(١٩) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٠) من الفسطاط

جدول رقم (١٥) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية لعينة (١١) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals		
				05-0490 Quartz	10-360 Labradorite	33-0664 Hematite
1	20.87	27	4.2529	4.26135		
2	24.08	21	3.6927		3.69/40	3.66/25
3	25.39	15	3.5051		3.46/50	
4	26.67	100	3.3391	3.343/100	3.36/60	
5	27.85	32	3.2003		3.20/100	
6	29.55	19	3.0204		3.02/50	
7	33.41	5	2.6794			2.69/100
8	35.50	12	2.5263		2.51/70	2.51/50
9	42.35	16	2.1325	2.128/9		
10	45.17	15	2.0054	1.98/6		
11	50.11	5	1.8187	1.817/17		1.838/40
12	67.76	12	1.3817	1.382/7		



شكل رقم(٢٠) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١١) من الفسطاط

جدول رقم (١٦) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود
الأشعة السينية لعينة (١٢) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				05-0490 Quartz	03-0901 Spinel	06-0602 Calcium Iron oxide	46-1312 Plustite	09-0462 Orthoclase
1	18.89	3	4.6940		4.68/50			
2	20.92	22	4.2428	4.26/35				4.25/30
3	26.71	100	3.3342	3.343/100	3.35/10			3.33/70
4	27.77	5	3.2099					3.18/100
5	29.44	4	3.0310					3.00/70
6	33.72	2	2.6558					2.65/60
7	34.86	2	2.5712			2.59/35		
8	35.62	3	2.5/84					2.53/70
9	36.62	10	2.4516	2.458/12	2.43/100		2.47/80	2.47/60
10	38.82	2	2.3178		2.34/10			
11	39.49	7	2.2798	2.282/12	2.25/10	2.243/100		2.29/70
12	40.42	4	2.2297	2.237/6				
13	42.51	6	2.128/9	2.128/9			2.14/100	2.13/40
14	45.04	3	2.0111		2.02/80			
15	45.76	3	1.9812	1.98/6				1.99/60
16	47.77	2	1.9022					1.91/60
17	50.20	9	1.8157	1.817/17	1.82/3			1.82/70
18	51.68	2	1.7671		1.73/10			1.77/70
19	54.89	5	1.6713	1.572/7	1.65/30			1.69/30
20	59.28	3	1.5574		1.55/80	1.589/80		1.57/60
21	59.99	7	1.5407	1.541/15			1.514/80	1.53/60
22	67.82	6	1.3807	1.382/7				
23	68.21	6	1.3738	1.375/11	1.37/20	1.354/50		1.37/70

Major : Quartz
Minor : Spinel
Traces :Orthoclase

[counts]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0

0
20
40
60
°2θ

Spi/50
Q/35+Orth/30
Q/100+Spi/10+Orth/70
Orth/100
Orth/70
Orth/60
CIO/35
Orth/70
Q/12+Spi/100+Plu/80+Orth/60
Spi/10
Q/12+Spi/10+CIO/100+Orth/70
Q/6
Q/9+Plu/100+Orth/40
Spi/80
Q/6+Orth/60
Orth/60
Q/17+Spi/3+Orth70
Spi/10+Orth/70
Q/7+Spi/30+Orth/30
Spi/80+CIO/80+Orth/60
Q/15+Plu/80+Orth/60
Q/7
Q/11+Spi/20+CIO/50+Orth/70

شكل رقم(٢١) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٢) من الفسطاط

جدول رقم (١٧) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة الصينية لعينة (١٣) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				05-0490 Quartz	14-260 Tridymite	29-0305 Calcite	34-0178 Fayalite	46-1312 Plustite
1	20.83	18	4.26/35	4.26/35	4.27/100			
2	21.90	7	4.0542		4.07/90			
3	26.63	100	3.3446	3.343/100	3.34/20			
4	27.59	7	3.2298		3.23/40			
5	29.79	16	3.0041			2.998/100	3.046/7	
6	30.33	11	2.95/8		2.95/60			
7	35.60	6	2.5257				2.5/100	
8	36.56	5	2.4616	2.458/12	2.45/20	2.47/15		2.47/80
9	37.48	4	2.4035				2.407/25	
10	39.44	10	2.2885	2.282/12	2.30/50	2.264/20	2.3030/21	
11	42.47	6	2.1318	2.128/9	2.12/30	2.113/2	2.1532/7	2.14/100
12	45.75	6	1.9865	1.98/6			1.9855/5	
13	47.06	3	1.9342			1.954/5	1.922/5	
14	49.58	59	1.8417		1.87/30	1.869/20	1.8418/12	
15	50.08	9	1.8244	1.817/17		1.8327/10		
16	54.73	5	1.6798	1.672/7		1.69/2	1.6789/15	
17	57.28	3	1.6109	1.608/1		1.604/10	1.6253/17	
18	59.88	11	1.5471	1.541/15		1.518/10	1.5367/11	1.514/80
19	67.67	13	1.3868	1.382/7			1.3962/3	
20	68.21	12	1.3738	1.375/11			1.3719/9	

شكل رقم(٢٢) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٣) من الفسطاط

جدول رقم (١٨) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

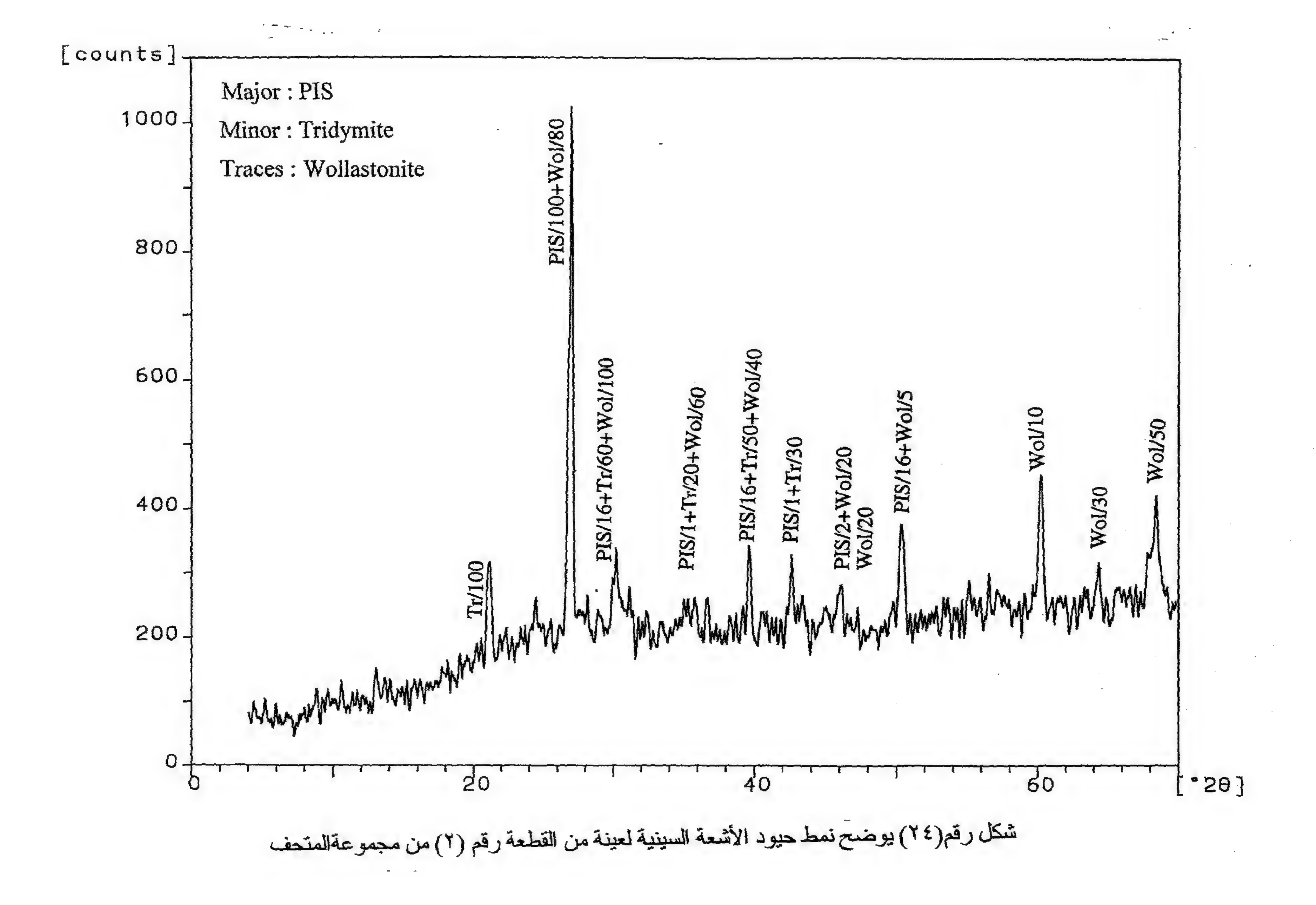
الأشعة السينية لعينة (١٤) من الفسطاط

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				05-0490 Quartz	14-260 Tridymite	46-1312 Plustite	20-0528 Anorthite
1	20.89	30	4.2489	4.26/35	4.27/100		
2	22.07	2	4.0243		4.07/90		4.041/82
3	26.68	100	3.3385	3.343/100	3.34/20		3.36/7
4	27.83	5	3.2031		323/40		3.197/100
5	29.82	6	2.9937		2.95/60		2.954/15
6	31.75	2	2.8155		2.85/20		2.813/4
7	33.62	2	2.6631				2.649/3
8	35.01	3	2.5605				2.554/3
9	35.59	4	2.5205				2.513/19
10	36.58	3	2.4542	2.458/12	2.45/20	2.47/80	2.459/17
11	39.53	4	2.2778	2.282/12	2.3/50		2.28/9
12	40.35	4	2.2332	2.237/6			2.23/2
13	42.47	6	2.1265	2.128/9	2.12/30	2.14/100	2.139/19
14	45.74	3	1.9818	1.98/6			1.984/2
15	50.16	9	1.8172	1.817/17			1.816/4
16	54.87	3	1.6717	1.672/7			1.68/2
17	56.94	1	1.6159				1.615/1
18	57.81	1	1.5936	1.608/1			1.591/1
19	59.96	8	1.5414	1.541/15		1.514/80	1.536/2
20	64.25	1	1.4485	1.453/3			1.4480/3

شكل رقم(٢٣) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة رقم (١٤) من الفسطاط

جدول رقم (١٩) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود
الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (٢) بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals		
				14-0617 K.Fe.silicate	14-260 Tridymite	10-0487 Wallastonite
1	21.00	19	4.23		4.27/100	
2	27.00	100	3.29	3.28/100		3.31/80
3	30.19	13	2.96	2.97/16	2.95/60	2.97/100
4	36.66	4	2.45	2.46/1	2.45/20	2.47/60
5	39.58	10	2.26	2.28/16	2.3/50	2.29/40
6	42.60	7.7	2.12	2.11/1	2.12/30	
7	46.02	5	1.97	1.99/2		1.98/20
8	47.27	4	1.92			1.91/20
9	50.26	12	1.81	1.82/16		1.8/5
10	60.26	12	1.53			1.53/10
11	64.32	4	1.44			1.45/30
12	68.39	8	1.37			1.38/5



شكل رقم(٢٤) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (٢) من مجموعة المتحف

- **عينة من القطعة رقم (٣)** تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٦٠,٣% ، الموليت $AL_6\ Si_2\ O_3$ يتواجد بنسبة ١٦,٢% ،الجهلينيت $Ca\ Al_2\ SiO_7$ يتواجد بنسبة ١٣,٣% ، الميكـــروكلين $KAL\ Si_3\ O_8$ يتواجد بنسبة ٦,٦% والهيماتيت $Fe_2\ O_3$ يتواجد بنسبة ٣,٤% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٥) وجدول رقم (٢٠) .

- **عيـــنة من القطعة رقم (١٠)** و تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 ويتواجد بنسبة ٦٠% ، الأنورثـــيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٢١,١% والدايوبسيد $Ca\ Mg\ (SiO_3)_2$ يـــتواجد بنســـبة ١٨,٧%. ويتضــــح ذلـــك فـــى شـــكل رقم (٢٦) وجدول رقم (٢١) .

- **عينة من القطعة رقم (١٢)** و تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٥٣,٨%، الجهلينيت $Ca\ Al_2\ SiO_7$ يتواجد بنسبة ٩,٨ وفوسفات الحديد $Fe_3\ PO_7$ يتواجد بنسبة ٩,٨%. ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٧) وجدول رقـــم (٢٢) .

- **عينة من القطعة رقم (١٦)** و تحتوي هذه العينة علي الأورثوكليز $K\ Al\ Si_3\ O_8$ يتواجد بنسبة ٦٠,٦% ،الجيوثـــيت $Fe\ O\ (OH)$ يتواجد بنسبة ٩,٦% ،الولاستونيت $Ca\ SiO_3$ يتواجد بنسبة ١٣,٨% ، فوسفات الحديد $Fe_3\ PO_7$ يتواجد بنسبة ٧,٤% ، الأنورثيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ٤,٣% و السبينيل $Mg\ Al_2\ O_4$ يتواجد بنسبة ٤,١%. ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٨) وجدول رقم (٢٣) .

- **عينة من القطعة رقم (١٧)** تحتوي هذه العينة علي الكوارتز SiO_2 يتواجد بنسبة ٦٠,٥%، الأنورثـــيت Calcium Sodium Aluminum Silicate يتواجد بنسبة ١٢,٩% والولاستونيت $Ca\ SiO_3$ يتواجد بنسبة ٨,١% . ويتضح ذلك فى شكل رقم (٢٩) وجـــدول رقم (٢٤) .

- **عيـــنة مـــن مـــادة الاستكمال من القطعة رقم (٥)** العينة عبارة عن جبس $Ca\ SO_4 : 2H_2O$ بنسبة. ويتضح ذلك في الشكل رقم(٣٠) والجدول رقم(٢٥) .

الميكروسكوب الإلكترونى الماسح

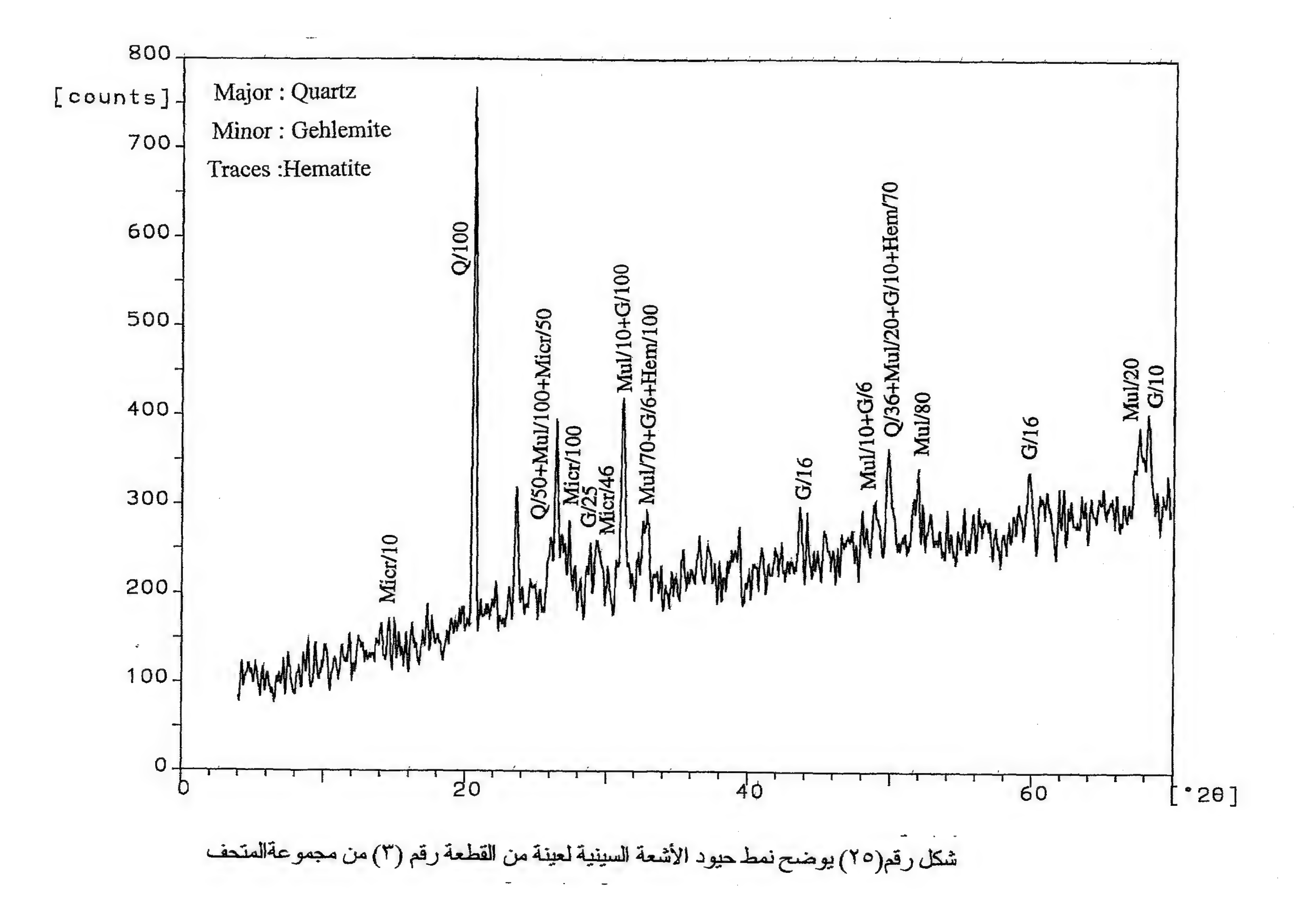
Scanning Electron Microscope (SEM)

يتميـــز الميكروســـكوب الإلكترونـــى الماسح بمعدل تكبير عال يصل إلى ١٠٠,٠٠٠ مرة وتـــتكون الصــــورة فـــى الميكروســـكوب الإلكترونى الماسح عن طريق مرور حزمة طبيعية من الإلكترونات لمسح سطح العينة ، حيث تتحرك الإلكترونات للإمام والخلف قائمة بعملية المسح ،

جدول رقم (٢٠) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة رقم (٣) من المتحف الإسلامى بكلية الآثار

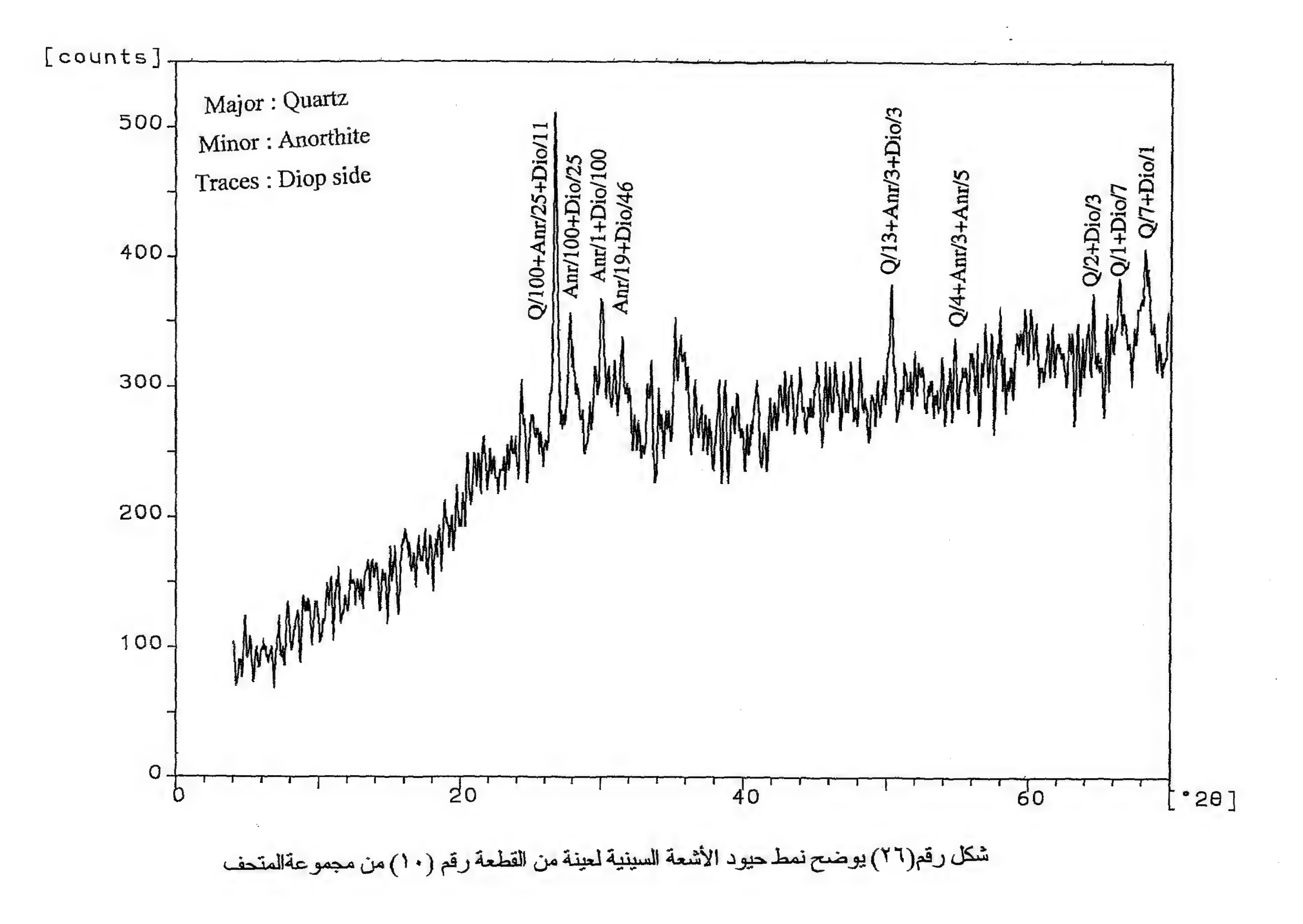
No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals				
				43-0596 silicon oxide	02-0452 Mullite	20-0199 Gehlenite	10-0479 Microcline	13-534 Hematite
1	14.98	11	5.90				5.91/10	
2	20.65	100	4.29	4.29/100				
3	26.43	27	3.36	3.37/50	3.36/100		3.34/50	
4	27.34	11	3.25				3.24/100	
5	28.83	12	3.09				3.07/25	
6	29.33	8	3.04				3.02/40	
7	31.08	22	2.87		2.87/10	2.85/100		
8	32.98	6	2.71		2.69/70	2.72/6		2.69/100
9	44.12	5	2.05			2.04/16		
10	48.86	4	1.86		1.88/10	1.86/6		
11	49.83	7	1.82	1.82/36	1.84/20	1.81/10		1.83/70
12	59.77	4	1.54		1.53/80			
13	61.87	3	1.49			1.51/16		
14	67.58	4	1.38		1.38/20			
15	68.22	5	1.37			1.37/10		



شكل رقم(٢٥) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (٣) من مجموعةالمتحف

جدول رقم (٢١) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود
الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٠) بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار

No. of Ref.	2θ	R .I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals		
				46-1045 Quartz	12-0301 Anorthite	11-0654 Diopside
1	26.69	100	3.33	3.34/100	3.37/25	3.35/11
2	27.77	35	3.20		3.2/100	3.23/25
3	29.93	31	2.98		2.98/1	2.99/100
4	31.62	18	2.82		2.82/19	2.83/1
5	35.54	18	2.52		2.52/25	2.52/40
6	50.27	18	1.81	1.81/13	1.81/3	1.81/3
7	54.74	10	1.67	1.67/4	1.68/3	1.67/5
8	64.51	11	1.44	1.45/2		1.44/3
9	66.45	9	1.4	1.41/1		1.41/7
10	68.61	12	1.37	1.37/7		1.37/1

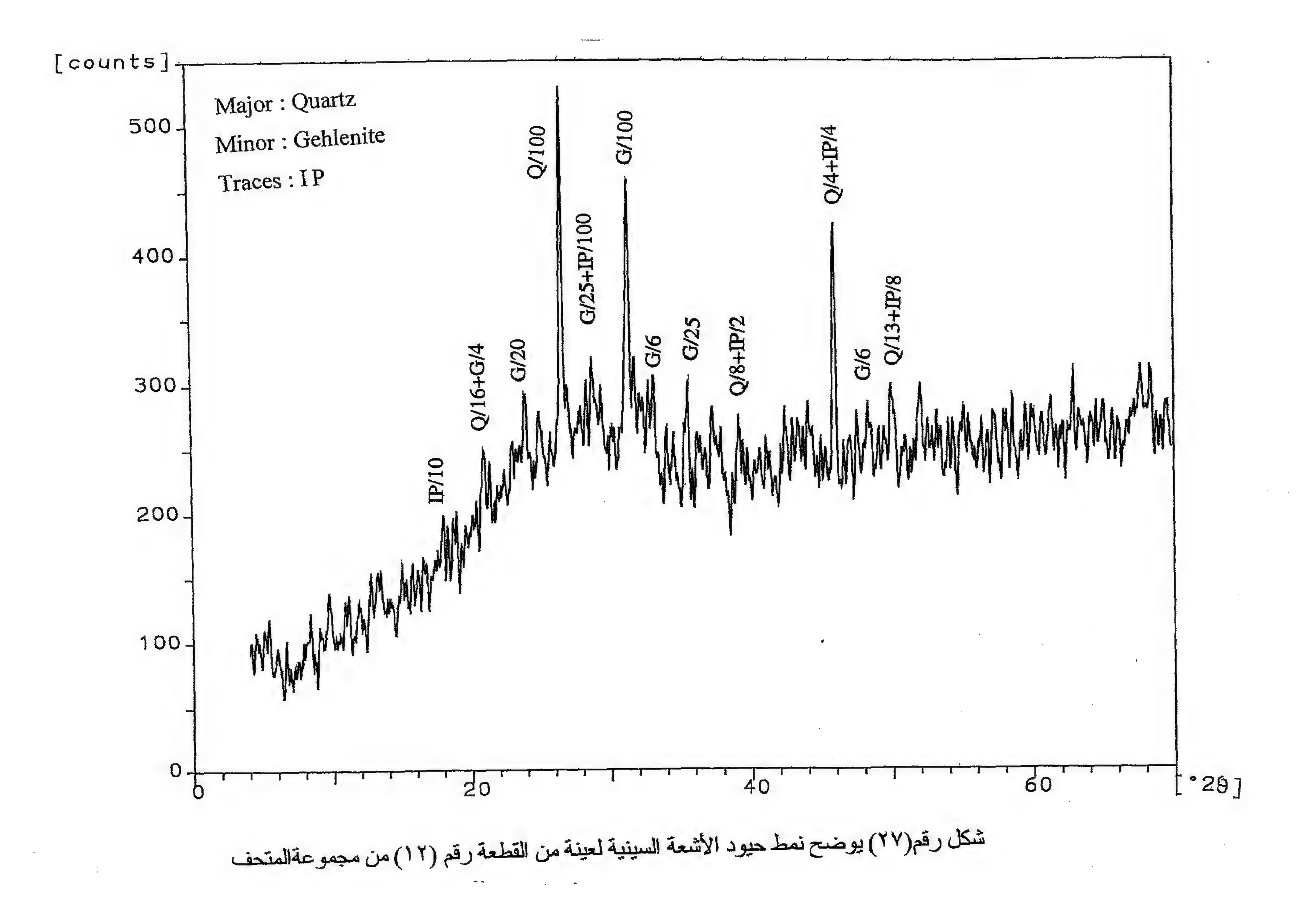


شكل رقم(٢٦) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٠) من مجموعةالمتحف

جدول رقم (٢٢) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٢) من المتحف الإسلامى بكلية الآثار

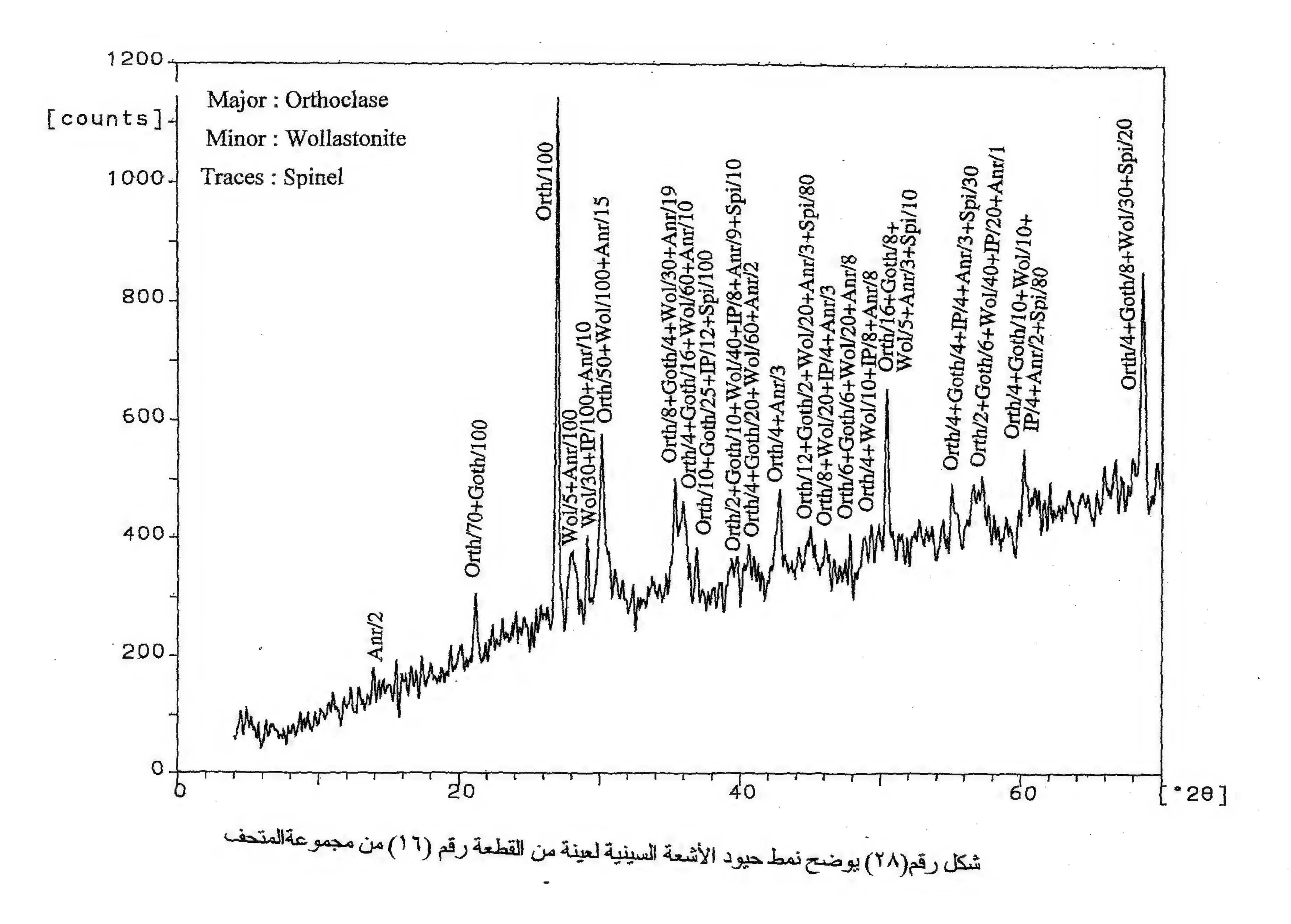
No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals		
				46-1045 Quartz	20-0199 Gehlenite	14-0147 Iron Phosphate
1	18.28	22	4.84			4.87/10
2	21.03	13	4.22	4.25/16	4.22/4	
3	23.93	23	3.71		3.71/20	
4	26.56	100	3.35	3.34/100		
5	29.04	18	3.07		3.07/25	3.08/100
6	31.32	68	2.85		2.85/100	
7	33.17	20	2.69		2.72/6	
8	37.56	10	2.39		2.4/25	
9	39.13	1	2.3	2.288		2.28/2
10	45.89	39	1.97	1.97/4		1.98/4
11	48.4	6	1.87		1.86/6	
12	50.07	8	1.82	1.81/13		1.84/8



شكل رقم(٢٧) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٢) من مجموعةالمتحف

جدول رقم (٢٣) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود
الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٦) من المتحف الإسلامى بكلية الآثار

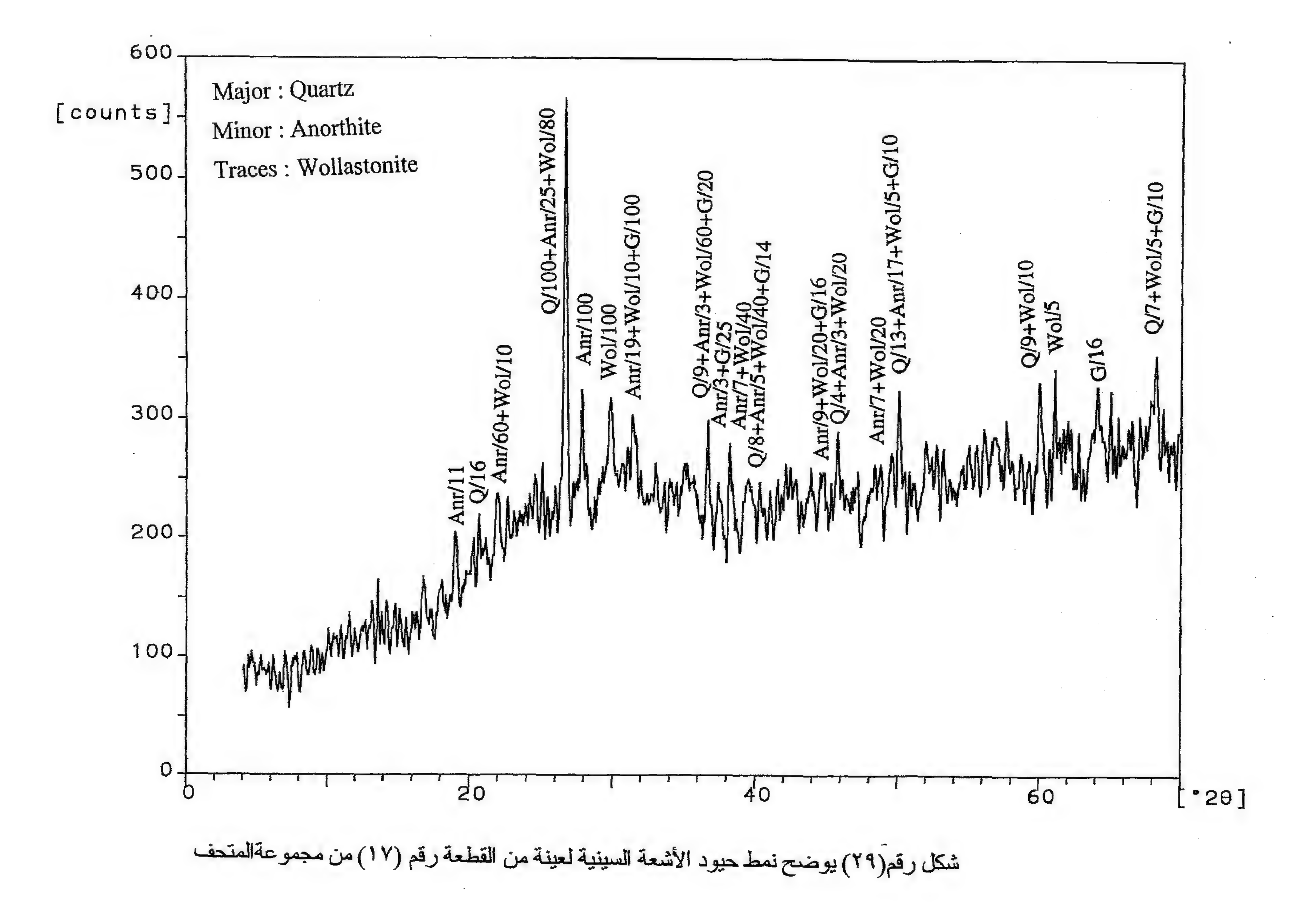
No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals					
				31-0966 Orthoclase	17-0536 Gehlenite	10-0487 Wollastanite	14-0147 Iron – phosphete	20-0528 Anorthite	03-0901 Spinel
1	12.92	6	6.84					6.83/2	
2	21.15	16	4.19	4.22/70	4.18/100				
3	26.97	100	3.3	3.31/100					
4	27.87	7	3.19			3.16/5		3.19/100	
5	29.11	12	3.06			3.09/30	3.08/100	3.03/10	
6	30.11	23	2.96	2.99/50		2.97/100		2.95/15	
7	35.33	17	2.53	2.55/8	2.52/4	2.55/30		2.51/19	
8	36	10	2.49	2.48/4	2.49/16	2.47/60		2.5/10	
9	36.89	7	2.43	2.41/10	2.45/25		2.43/12		2.43/100
10	39.45	3	2.28	2.26/2	2.25/10	2.29/40	2.3/8	2.28/9	2.25/10
11	40.65	4	2.21	2.2/4	2.19/20	2.18/60		2.22/2	
12	42.79	10	2.11	2.11/4				2.11/3	
13	44.99	5	2.01	2.00/12	2.00/2	2.01/20		2.00/3	2.02/80
14	46.14	4	1.96	1.97/8		1.98/20	1.98/4	1.96/3	
15	47.79	5	1.9	1.91/6	1.92/20	1.91/20		1.92/8	
16	48.87	4	1.86	1.85/4		1.86/10	1.84/8	1.85/8	
17	50.4	17	1.8	1.8/16	1.79/8	1.8/5		1.8/3	1.82/10
18	55.02	5	1.66	1.67/4	1.66/4		1.66/4	1.65/3	1.65/30
19	56.88	4	1.61	1.61/2	1.6/6	1.6/40	1.62/20	1.61/20	
20	60.24	6	1.53	1.53/4	1.5/10	1.53/10	1.53/10	1.53/2	1.55/80
21	68.57	19	1.36	1.36/4	1.35/8	1.35/30			1.37/20



شكل رقم(٢٨) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٦) من مجموعةالمتحف

جدول رقم (٢٤) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود
الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٧) من المتحف الإسلامى بكلية الآثار

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	d_{hkl}	Identified Minerals			
				46-1045 Quartz	12-0301 Anorthite	10-0487 Wollastonite	20-0199 Gehlenite
1	19.01	17	4.66		4.69/11		
2	20.66	21	4.29	4.25/16			
3	21.95	16	4.04		4.04/60	4.05/10	
4	26.65	100	3.34	3.34/100	3.37/25	3.31/80	
5	27.84	30	3.20		3.2/100		
6	29.85	21	2.99			2.97/100	
7	31.46	13	2.84		2.82/19	2.8/10	2.85/100
8	36.66	14	2.44	2.45/9	2.43/3	2.47/60	2.43/20
9	37.44	6	2.4		2.4/3		2.4/25
10	38.28	8	2.34		2.32/7	2.33/40	
11	39.47	5.5	2.28	2.28/8	2.27/5	2.29/40	2.29/14
12	44.65	4	2.02		2.02/9	2.01/20	2.04/16
13	45.74	10	1.98	1.97/4	1.98/4	1.98/3	1.98/20
14	48.42	4	1.87		1.87/7	1.88/20	
15	50.07	12	1.82	1.81/13	1.83/17	1.8/5	1.81/10
16	60.04	10	1.53	1.54/9		1.53/100	
17	61.06	11	1.51			1.51/5	
18	61.74	3	1.5				1.51/16
19	68.22	9	1.37	1.37/7		1.38/5	1.37/10

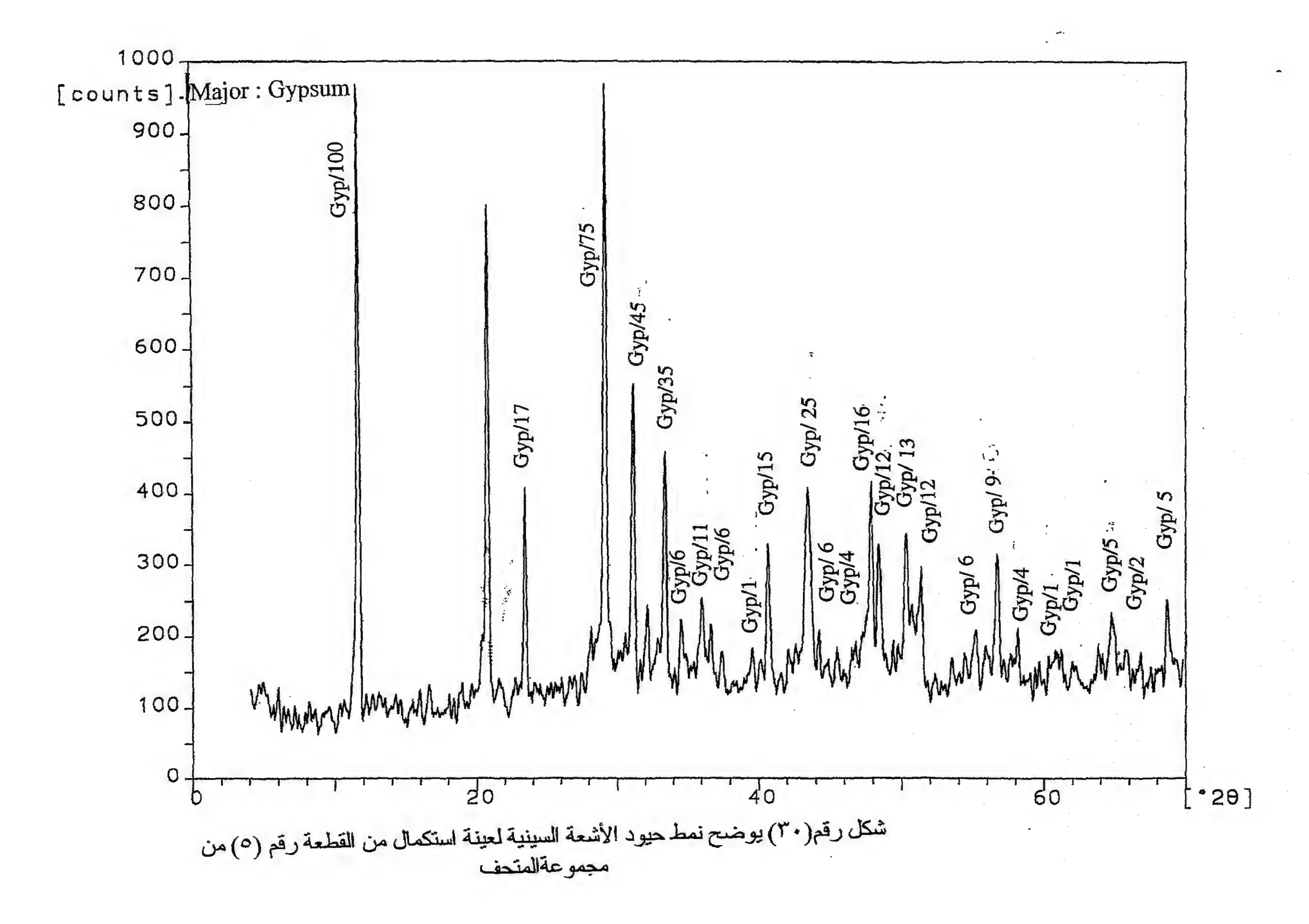


شكل رقم(٢٩) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من القطعة رقم (١٧) من مجموعة المتحف

جدول رقم (٢٥) يوضح نتائج التحليل باستخدام طريقة حيود

الأشعة السينية لعينة استكمال من القطعة رقم (٥) بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار

No. of Ref.	2θ	R.I (%)	D_{hkl}	Identified Minerals 33-0311 Gypsum
1	11.65	100	7.58	7.63/100
2	23.39	16	3.8	3.79/17
3	28.04	3	3.17	3.17/4
4	29.12	35	3.06	3.06/75
5	31.11	19	2.87	2.87/45
6	32.12	5	2.78	2.78/10
7	33.39	13	2.68	2.68/35
8	34.48	3	2.59	2.59/6
9	36.02	4	2.49	2.49/11
10	36.66	3	2.44	2.45/6
11	39.59	2	2.27	2.29/1
12	40.63	6	2.21	2.21/15
13	43.39	7	2.08	2.08/25
14	44.22	2	2.04	2.04/6
15	45.47	1	1.99	1.99/4
16	47.87	7	1.89	1.89/16
17	48.33	6	1.88	1.87/12
18	50.27	5	1.81	1.81/13
19	51.39	4	1.77	1.77/12
20	55.17	2	1.66	1.66/6
21	56.75	4	1.62	1.62/9
22	58.14	2	1.58	1.58/4
23	60.92	1	1.51	1.51/1
24	62.09	1	1.49	1.49/1
25	64.81	2	1.43	1.43/5
26	66.74	1	1.4	1.4/2
27	68.64	2	1.36	1.36/5



شكل رقم(٣٠) يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة استكمال من القطعة رقم (٥) من مجموعةالمتحف

ثم تعكس العينة الإلكترونات ويطلق عليه فى هذه الحالة الإلكترونات الثانوية وتختلف كثافة الإلكترونات الثانوية المنبعثة عن العينة والتى تستخدم لإنتاج الصورة [1] .

ويفيد الميكروسكوب الإلكترونى الماسح فى دراسة تقنية الطلاءات السطحية التزجيج [2] . ويساعد أيضا فى الكشف عن الفراغات والفجوات الموجودة على السطح وفحص ميكانيكية الترابط بين المكونات المختلفة [3] .

كذلك يساعد SEM فى التعرف على المكونات وعلى التركيب الداخلى الدقيق microstructure [4] . وبسبب التكبير الذى نحصل عليه من SEM فإن ذلك يؤدى الي الدخول بعمق فى العينة وبالتالى فإن SEM يكون مفيد فى الحصول على معلومات خاصة فى منطقة الكسر fracture origin وبالتالى يمكن دراسة حالة القطعة من حيث الضعف والقوة ويفيد فى تحديد محتويات العينة والأطوار المختلفة وكذلك الكشف عن عدم التجانس [5] .

وقد اتفق كل من Attas et al [6] (١٩٨٢)و Maniatis et al [7] (١٩٨٢)على استخدام SEM فى الكشف عن حدوث تزجج داخلى من خلال دراسة التركيب الداخلى micro structure. ويمدنا الجهاز أيضا بمعلومات عن شكل الطفلات morphology وتطور شكلها أثناء الحرق ودرجة التزجج degree of vetrification تفيد فى معرفة القوة والصلادة والمسامية . وقد يستخدم أيضا الميكروسكوب الإلكترونى المزود بوحدة تحليل فى تحديد مكونات التزجيج خاصة العناصر الملونة فى التزجيج [8] .

---

(1) محمد بن صالح الخليفة وعبد العزيز عبد الرحمن الصالح : المجاهر وتقنياتها ، كلية العلوم ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، ١٩٩٥ ص ٢١٥ .

(2) Miriti , p., Recent advances in the Study of ancient Ceramic Bodies& coatings, in:, Fourth Euro-ceramics vol. 14 the cultural ceramic Heritage. gruppo editorial Faenza editrice. Italy 1995. PP.13-22 .

(3) Glass, S.J. & Tandon, R ., Ceramic Composites, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman , R & Fitzpatrick L.E. , Butter worth – Heinemann , London,1993, PP.182-209 .

(4)Tomsia, A. P. &Loehman , R.E., Glass and Ceramic Joints, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman, R. &Ftzpatrick, L.E, Butterworth- Heinemann, London, 1993,PP.211-227 . .

(5) Beauchamp, E. k., Mechanical Properties and Fracture in: characterization of ceramics, by Loeh man , R & Fitzpatrick, L., Butter worth–Heinemann, London, 1993, PP.169-187.

(6) Attas, M. et al ,Variations of ceramic composition with time : test case using Lakonian pottery , Archaeometry 24 (2) 1982, PP.181-190 .

(7) Maniatis, y. et al, Technological examination of Low Fired Terracotta Statues From Asia Irini, Kea , Archaeometry , 24 (2) 1982, PP.191-198.

(8) Colomban, P. et al, Microstructure, composition and processing of15thcentury Vietnamese Porcelains and Celadon , Journal of cultural Heritage , Vol. 4 (3) 2003 , P.180

أمـــا Tite et al 1982[1] فقد أشارو إلى أن الطور الزجاجى يظهر تحت SEM ذو سطح نـــاعم والمـــزيد من التزجج يمكن ملاحظته وبالتالى التعرف على درجة حرارة الحرق وذلك من خلال المقارنة مع العينات التى يتم إعادة حرقها فى المعمل ، ففى حالة البدن منخفض الحرق يكون الطـــور الزجاجى محدود أو بكمية قليلة وفى هذه الحالة يستخدم SEM فى التعرف على المعادن الطفلية والتي لم تتحول الي معادن اخري.

أولا : إستخدام الميكروسكوب الإلكترونى الماسح فى دراسة البدن

وقـــد اســـتخدم الميكروســـكوب الإلكترونى الماسح في فحص بعض عينات المسارج قيد الدراســـة و الجهـــاز المستخدم من انتاج شركة Philips **وهو من نوع (XL 30)** المزود بوحدة تشتت الأشعة السينية Energy Dispersive X-Ray (EDX) وذلك بغرض التحليل .

وكانت نتائج الفحص والتحليل للمجموعه الاولي (الفسطاط) كما يلى :

- **العينـة** (٤) يظهر التشوه الذى حدث لأحد حبيبات الكوارتز وذلك بإنفصالهاالى أجزاء ، مما قد يدل على ضعف البدن وهذا ما تم ملاحظته من الفحص البصرى للكسرة التى أخذت منها العينة ،كمـــا يتضح من الصوره رقم (٣٩) .كما ان هناك شائبة من الزركون وتظهر بلون فاتح فى منتصف الصورة ، أما بالنسبة لنسيج البدن فيظهر نتيجة عملية الطحن التى تمت للكوارتز من خـــلال ظهور الزوايا الحادة ، بالإضافة الى التفاوت النسبى فى حجم حبيبات الكوارتز وكذلك الـــتداخل الجـــيد لمكونات البدن كما يظهرفي الصوره رقم (٤٠) . ويوضح الشكل رقم (٣١) نتيجة التحاليل للشائبة والتأكد من أنها زركون.

كما توضح الصوره رقم (٤١) بعض الفقاعات والتشوه الذى يوجد فى منطقة التزجيج .

- **العيـنة** (٧) توضح الصوره رقم(٤٢) شكل البدن وكبر حجم حبيبات الكوارتز وكذلك الطحن الـــذى أدى إلى وجود زوايا يظهر من خلال ملمسها الذى يتميز بالخشونة .كما توضح الصوره رقم (٤٣) منطقة التداخل بين البدن والتزجيج ويظهر فيها كبر حجم حبيبات الكوارتز ويتفق هذا أيضا مع صور الميكروسكوب المستقطب لقطاع هذه العينة .

ويوضح الشكل رقم (٣٢) نتيجة التحليل لبدن العينة التى تميزت بارتفاع نسبة السليكا وإنخفاض نسبة الكالسيوم والحديد ويتطابق هذا مع نتيجة التحليل لهذه العينة باستخدام حيود الأشعة السينية.

---

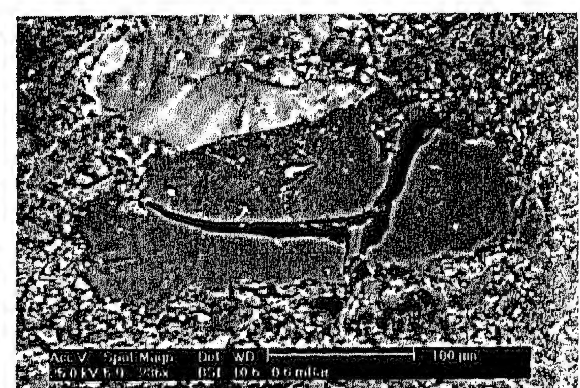
(1) Tite, M.S. et al., The use of Scanning Electron Microscope in: the Technological examination of ancient Ceramics , in , Archaeological ceramics , edited by Olin, J. & Franklin, A. , Smithsonian Institution Press, Washington D.C , 1982, PP .109-120.

- **العينة** (١١) يظهر تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج ووجود شروخ بها ويدل هذا علـــى حالة الضعف التى وصلت لها القطعة ،كما يظهر قي الصوره رقم (٤٤). امـــا الصـــورة رقـــم (٤٥) فتبين مدى التجانس الموجود فى هذا البدن وكذلك نعومة حبيبات الكوارتز بالإضافة إلى التداخل الجيد بين حبيبات البدن. في حين ان التحليل الذى تم للبدن يؤكد إرتفاع نسبة السليكا و الحديد ويظهر ذلك فى الشكل رقم (٣٣).

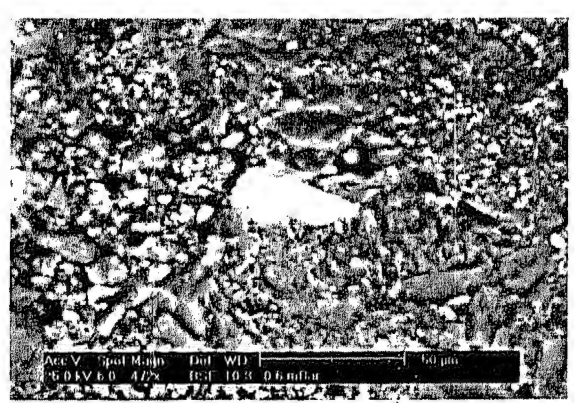
- **العينـــة** (١٣) يلاحظ تداخل الحبيبات مع بعضها وإنخفاض المساميه وكذلك وجود الزوايا الحادة لحبيبات الكوارتز كما في الصوره رقم (٤٦).كذلك يظهر تجمع كمية من حبيبات الكوارتز معا مما يدل على إرتفاع نسبته كما في الصوره رقم (٤٧) . وقد اكد التحليل إرتفاع نسبة الســـليكا والكالسيوم والحديد ويظهر ذلك فى الشكل رقم (٣٤) .

- **العينـــة** (١٤) توضح الصورة رقم (٤٨) طبقة التزجيج والبدن والدقة فى تطبيق التزجيج على البدن وذلك بتسوية السطح قبل تطبيق التزجيج. كما ان الصورة رقم(٤٩) عبارة عن تفاصـــيل أكبر لطبقة التزجيج حيث يظهر التداخل القليل بين البدن وطبقة التزجيج وكذلك عدم إكتمـــال إنصهار بعض حبيبات مكونات التزجيج .اما الصورة رقم (٥٠) فهي لبدن العينة الذى يتميـــز بانخفاض المسامة وإرتفاع نسبة الكوارتز كبير الحجم .

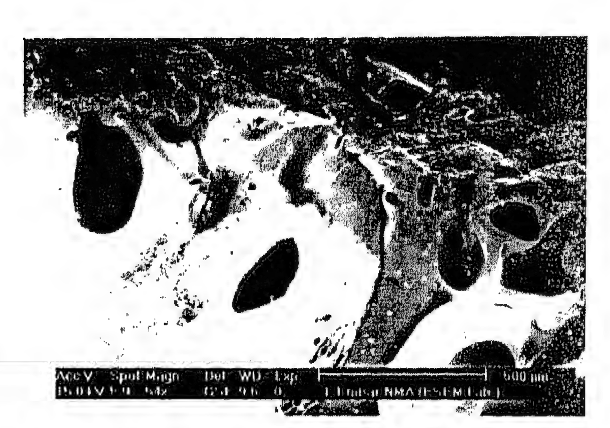
وقد تم تحليل البدن الذى أثبت إرتفاع نسبة الكوارتز ونسبة الكالسيوم بسبب وجود الكالسيت وارتفاع نسبة الحديد والصوديوم المرتفع بسبب الأنورثيت ويظهر ذلك فى شكل رقم (٣٥) ويتفـــق ذلك مع نتائج التحاليل بحيود الأشعة السينية . وعند تحليل المنطقة المتوسطة أو الفاصلة بين البدن والتزجيج حدث اختلاف فى نسب بعض المكونات حيث إرتفعت نسبة الرصاص والســـليكا بينمـــا انخفضت نسبة الحديد والألومنيوم والكالسيوم ويدل هذا على التداخل القليل الذى حدث بين البـــدن والتزجيج ويظهر ذلك فى الشكل رقم (٣٦) .



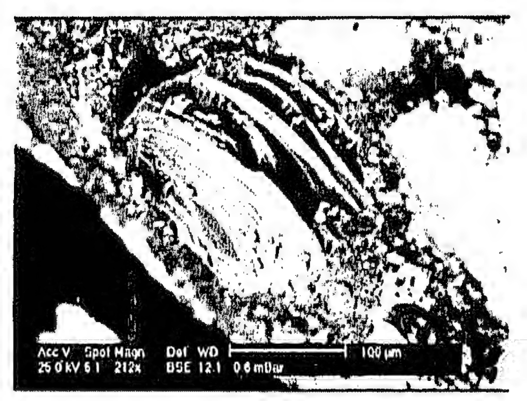
صورة رقم (٣٩) توضح تشوه احد حبيبات الكوارتز ،التكبير X٢٣٦



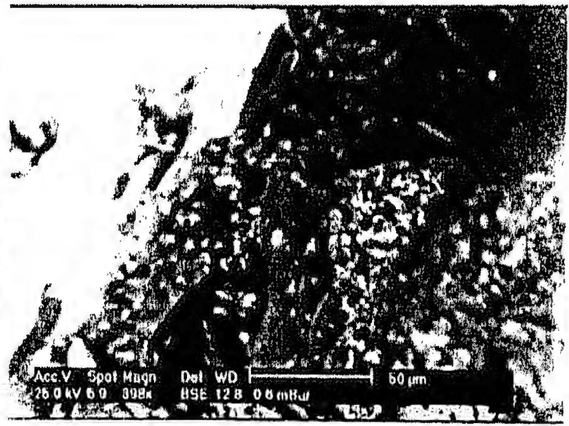
صورة رقم (٤٠) توضح احد شوائب الزركون ، التكبير، ٤٧٢ X.



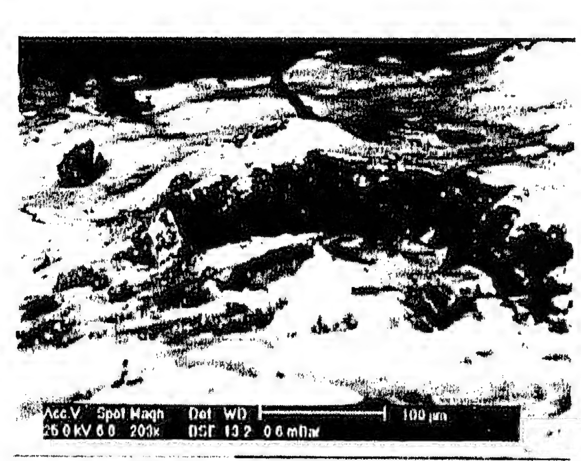
صورة رقم (٤١) توضح بعض الفقاعات الموجودة في طبقة التزجيج ،التكبير ٥٤ X



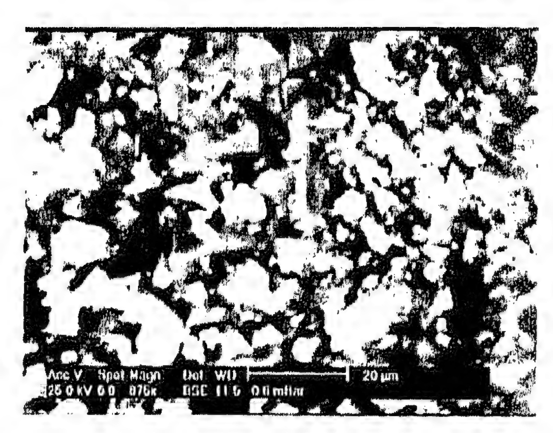
صورة رقم (٤٢) توضح شكل احد حبيبات الكوارتز ،التكبير X٢١٢



صورة رقم (٤٣) توضح منطقة التداخل بين البدن والتزجيج ، التكبير X٣٩٨



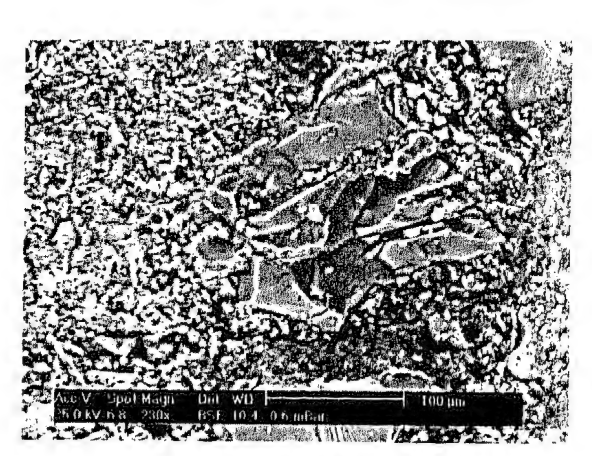
صورة رقم (٤٤) توضح تساقط بعض الاجزاء من طبقة التزجيج ،التكبير ٢٠٣ X



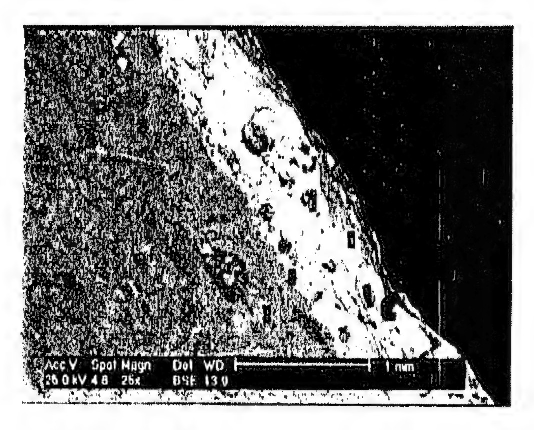
صورة رقم (٤٥) توضح التجانس في نسيج العينة ،
التكبير ٨٧٥ X



صورة رقم (٤٦) توضح تداخل حبيبات الكوارتز
معاً ، التكبير ١٥١X



صورة رقم (٤٧) توضح تجمع بعض حبيبات
الكوارتز معاً، التكبير ٢٣٠ X



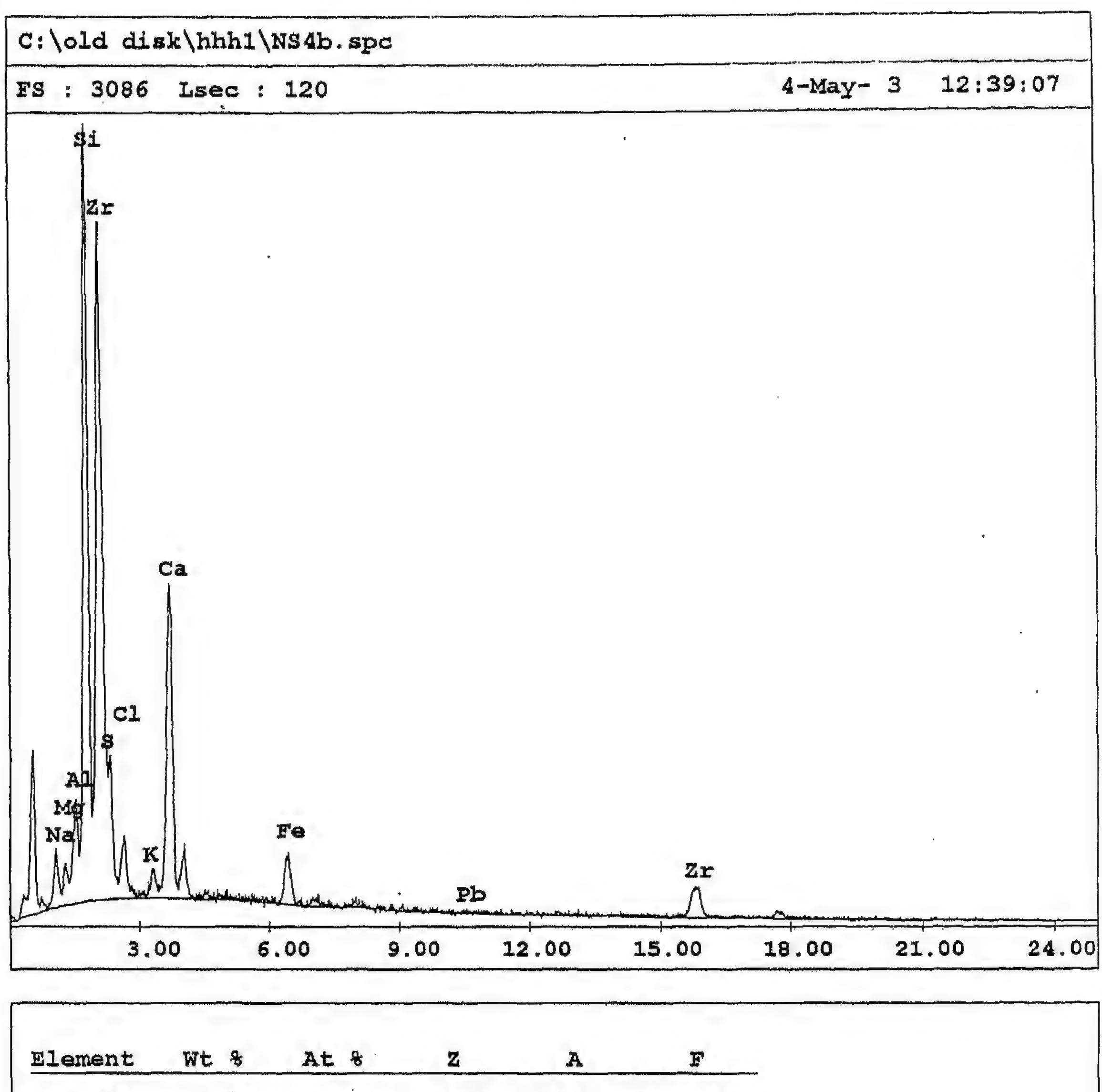
صورة رقم (٤٨) توضح طبقة التزجيج والبدن
في العينة ،التكبير ٢٥ X



صورة رقم (٤٩) توضح تفاصيل اكبر لطبقة
التزجيج ، التكبير ٧٦ X

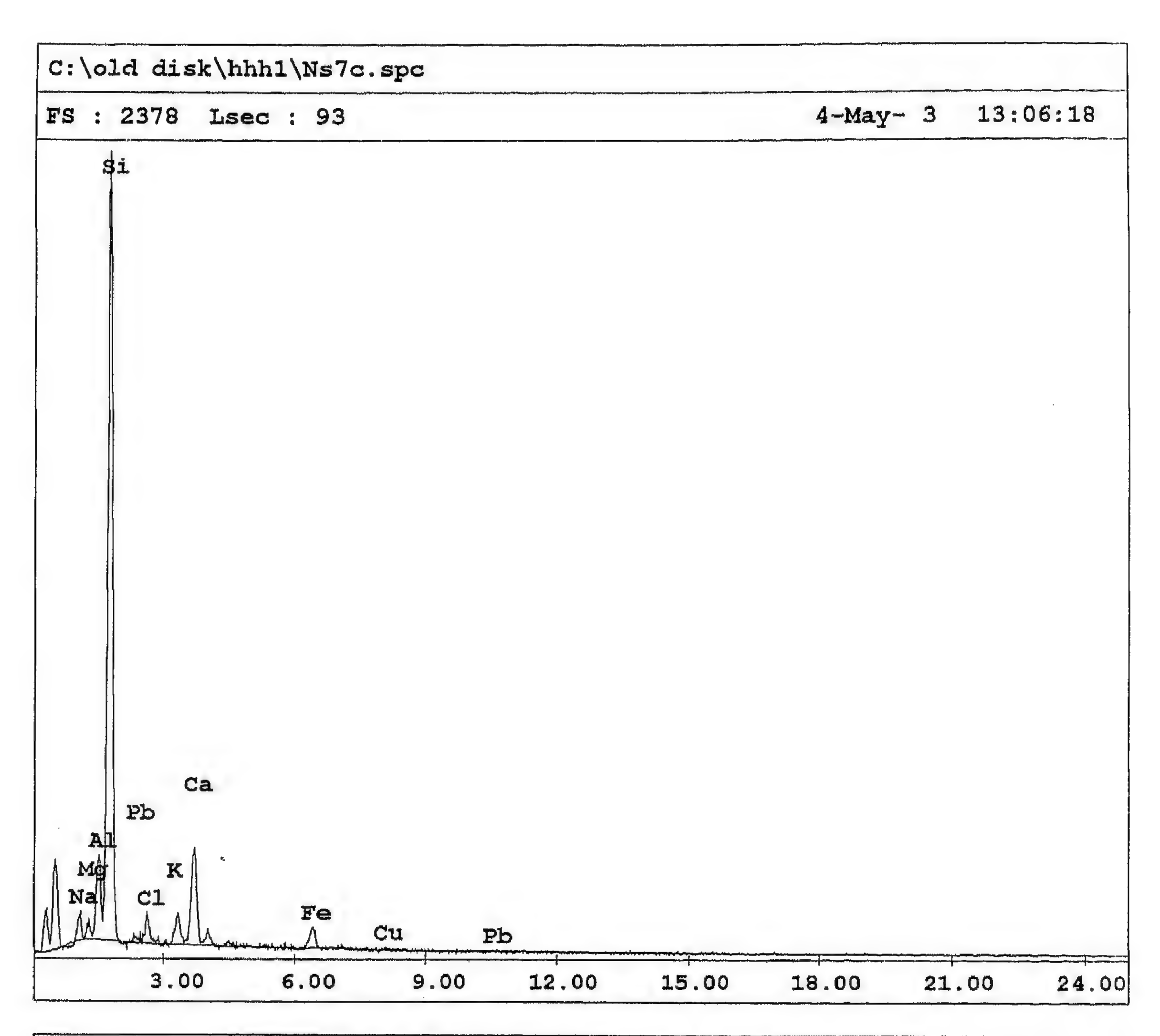


صورة رقم (٥٠) توضح إختلاف حجم حبيبات
الكوارتز، التكبير ١١١٠ X



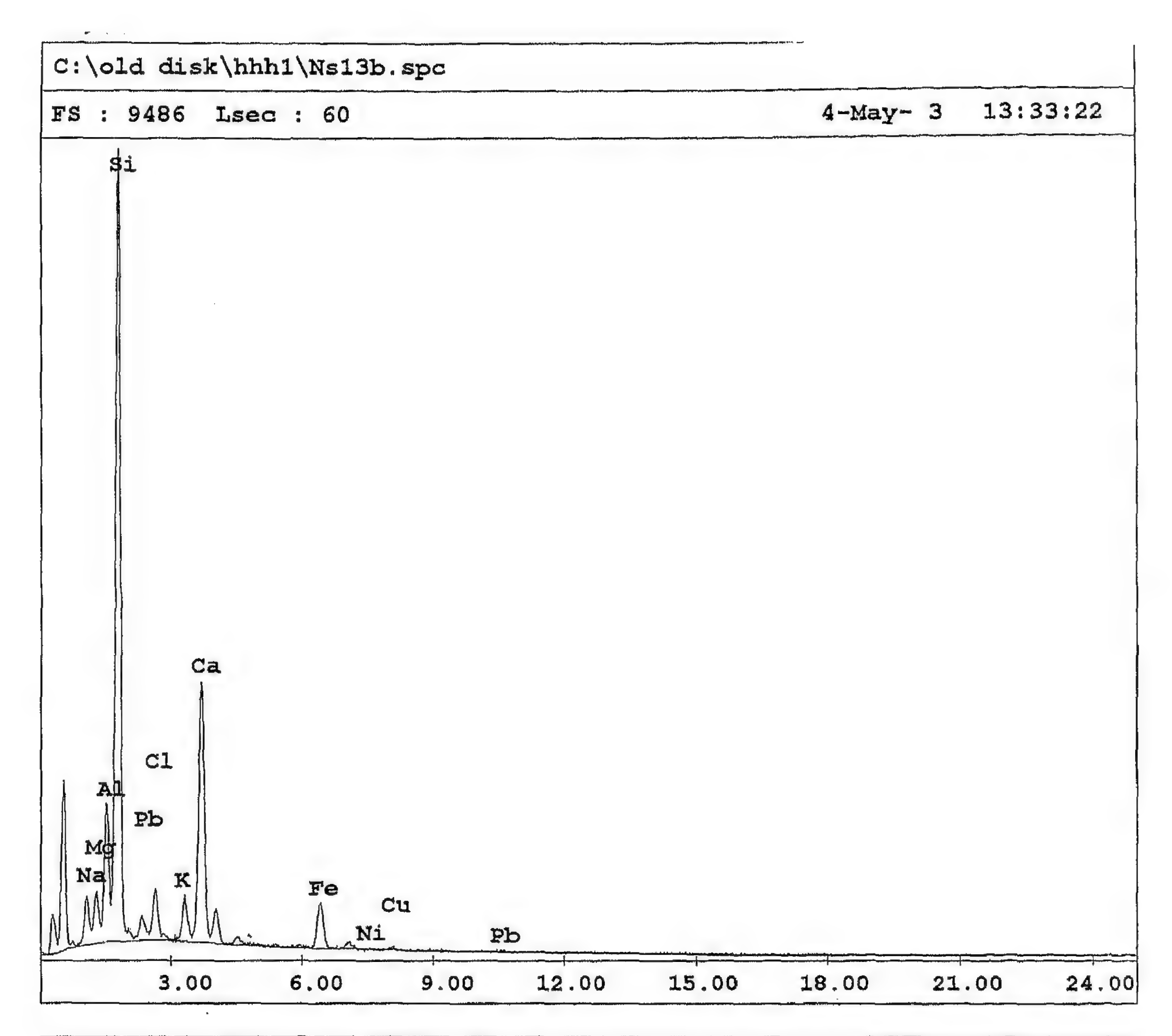
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	2.63	5.43	1.0671	0.3071	1.0053
MgK	1.46	2.85	1.0942	0.4110	1.0102
AlK	2.82	4.95	1.0623	0.5320	1.0181
SiK	18.84	31.79	1.0935	0.6306	1.0193
S K	5.29	7.82	1.0851	0.3707	1.0035
ClK	2.89	3.87	1.0532	0.4070	1.0040
K K	1.04	1.27	1.0569	0.5820	1.0092
CaK	11.44	13.53	1.0785	0.6604	1.0009
FeK	3.18	2.70	0.9874	0.9127	1.0005
PbL	1.32	0.30	0.7555	1.0308	1.0553
ZrK	49.08	25.50	0.8852	1.0005	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣١) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (٤) من الفسطاط



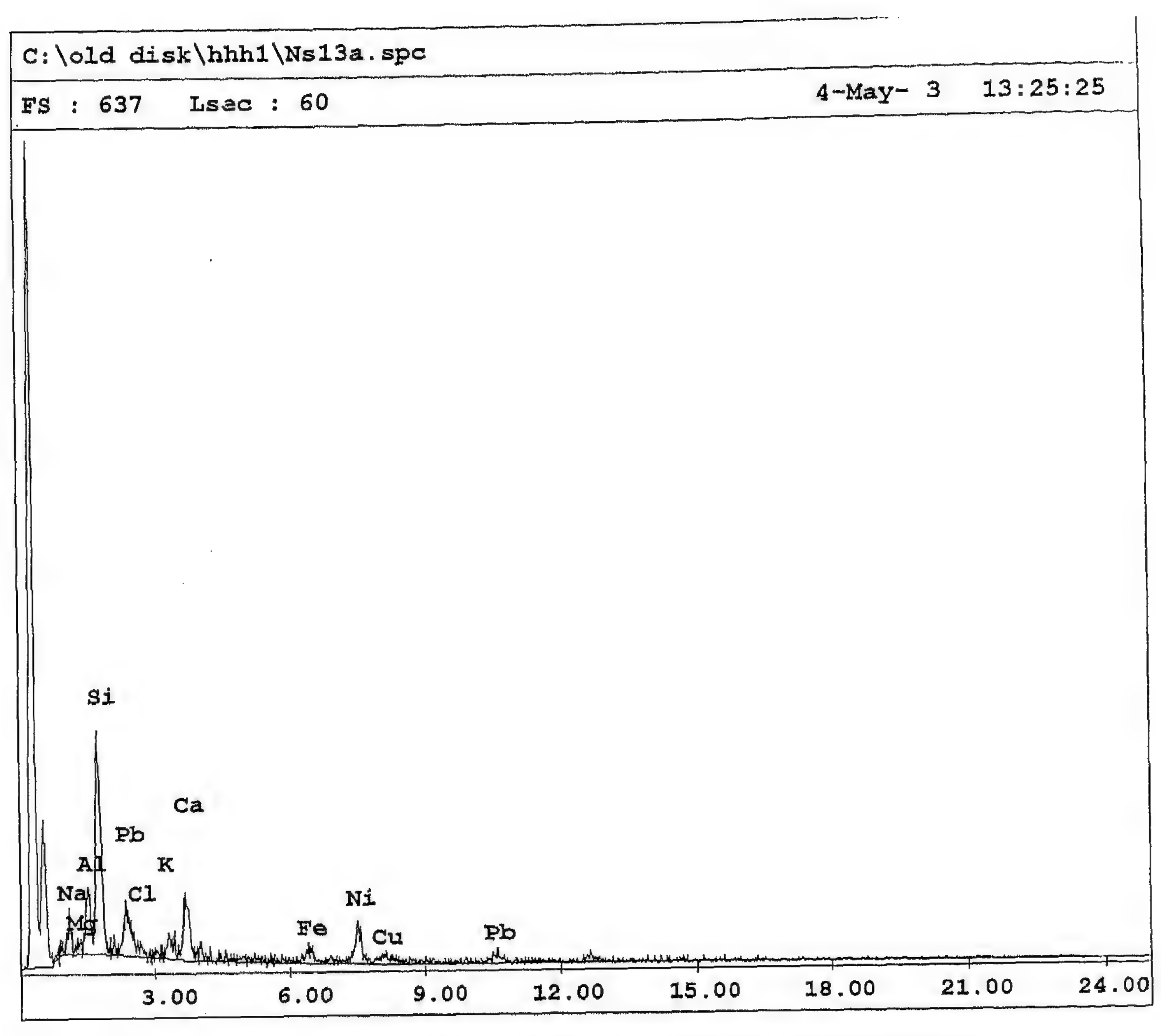
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	3.42	4.46	0.9876	0.4298	1.0101
MgK	1.51	1.85	1.0129	0.5423	1.0194
AlK	6.86	7.61	0.9836	0.6698	1.0323
SiK	65.29	69.62	1.0128	0.6970	1.0024
ClK	3.20	2.71	0.9604	0.5449	1.0070
K K	3.34	2.55	0.9645	0.7128	1.0134
CaK	11.53	8.61	0.9877	0.7672	1.0018
FeK	4.49	2.41	0.9054	0.9500	1.0007
CuK	0.36	0.17	0.8775	0.9769	1.0000
PbL	0.00	0.00	0.6821	1.0391	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٢) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (٧) من الفسطاط



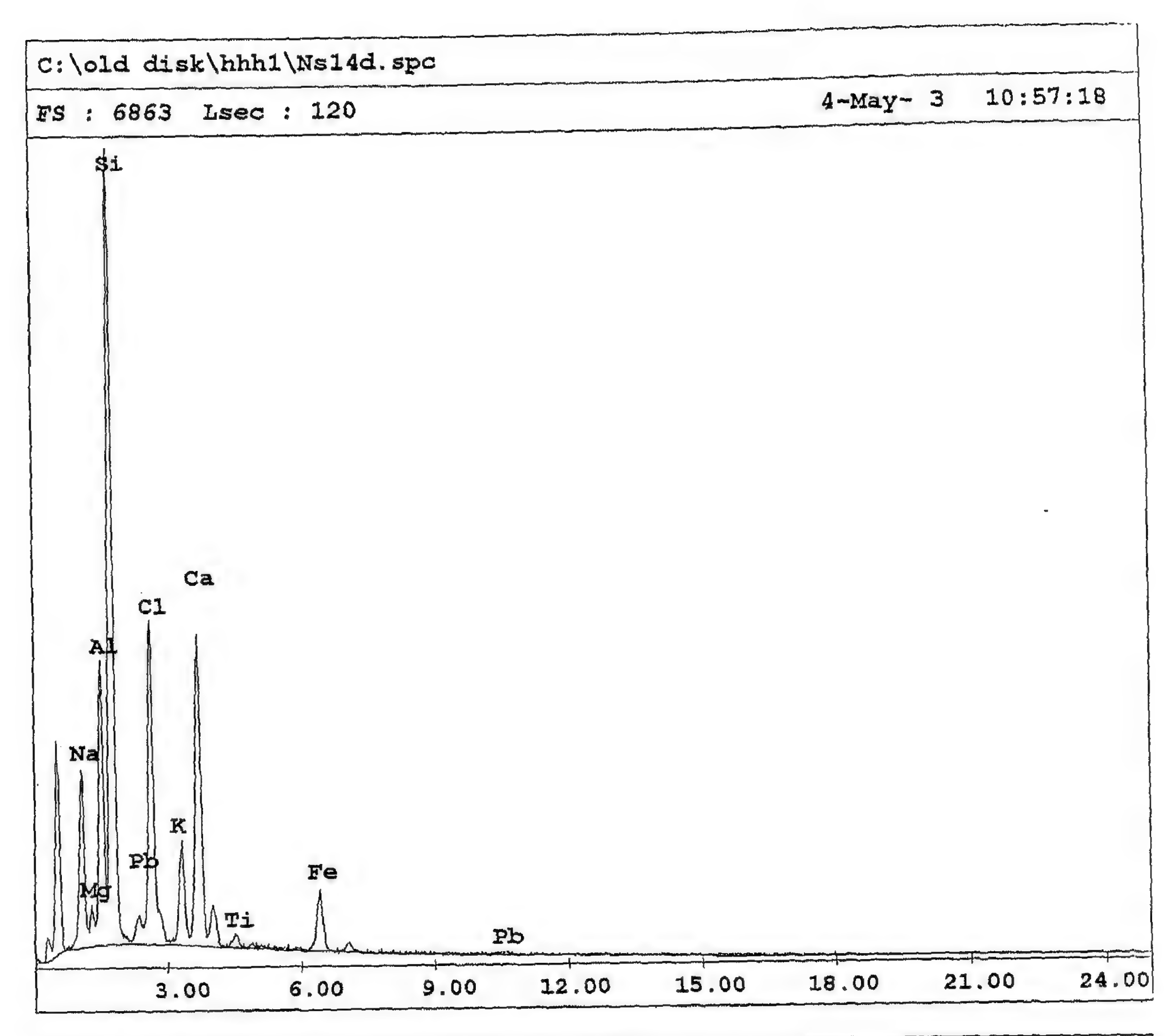
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.87	6.67	0.9961	0.3657	1.0073
MgK	3.83	4.95	1.0217	0.4587	1.0131
AlK	8.35	9.74	0.9921	0.5581	1.0201
SiK	48.14	53.93	1.0215	0.5960	1.0032
ClK	4.02	3.57	0.9707	0.5736	1.0102
K K	2.94	2.37	0.9747	0.7282	1.0219
CaK	18.45	14.49	0.9976	0.7802	1.0025
FeK	6.49	3.66	0.9144	0.9398	1.0021
NiK	0.00	0.00	0.9301	0.9562	1.0022
CuK	0.55	0.27	0.8868	0.9680	1.0032
PbL	2.36	0.36	0.6905	1.0350	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٣) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (١١) من الفسطاط



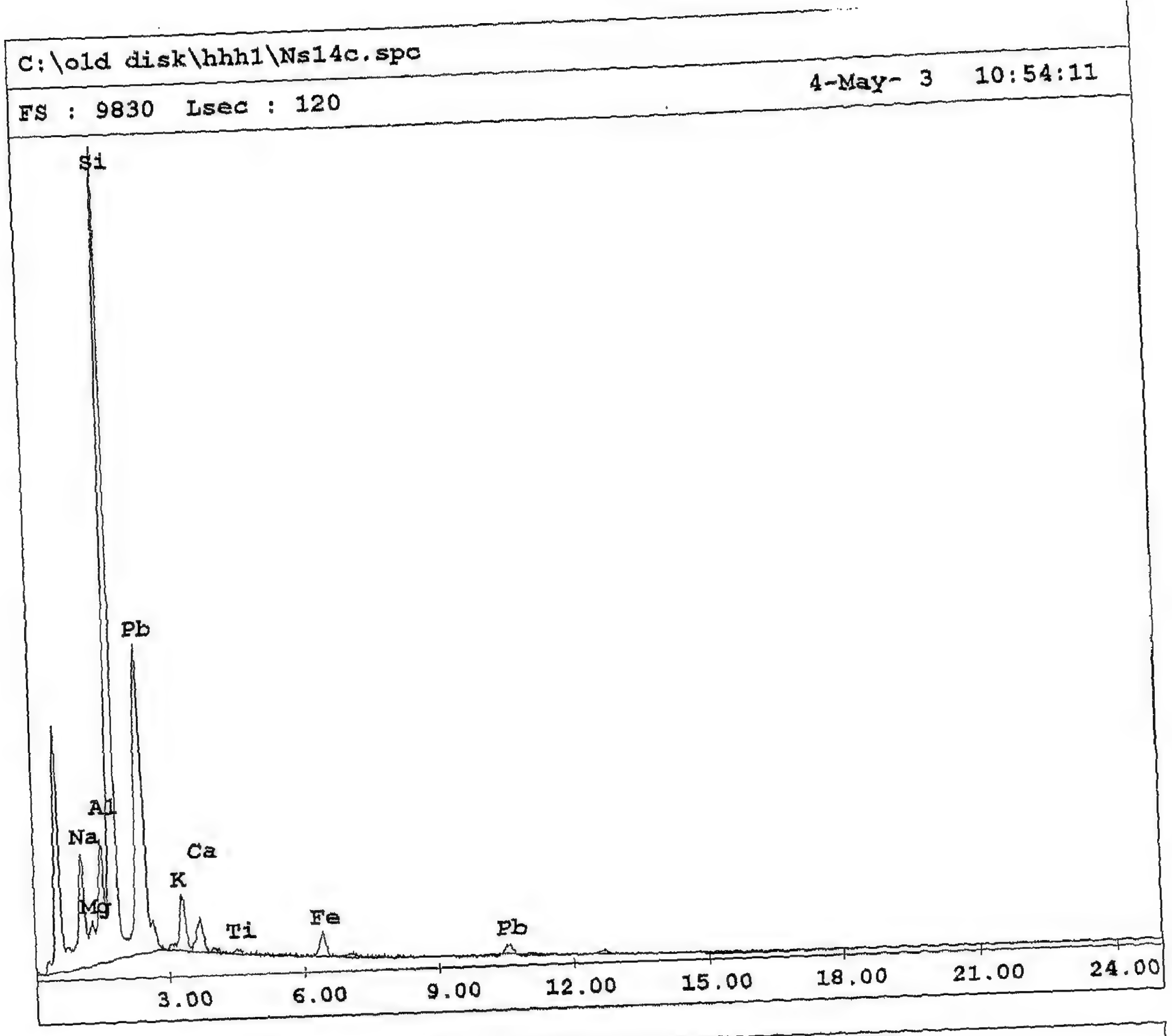
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	6.83	11.85	1.0404	0.2476	1.0035
MgK	2.13	3.49	1.0669	0.3074	1.0064
AlK	9.05	13.38	1.0359	0.4061	1.0087
SiK	29.29	41.57	1.0664	0.4619	1.0013
ClK	1.95	2.19	1.0268	0.4882	1.0048
K K	2.96	3.02	1.0301	0.6405	1.0093
CaK	8.32	8.27	1.0510	0.6945	1.0035
FeK	3.61	2.57	0.9623	0.9236	1.0361
NiK	10.33	7.01	0.9819	0.9504	1.0157
CuK	3.99	2.50	0.9377	0.9629	1.0228
PbL	21.53	4.14	0.7383	1.0204	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٤) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (١٣) من الفسطاط



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	10.73	14.64	1.0029	0.3783	1.0060
MgK	2.03	2.62	1.0286	0.4171	1.0109
AlK	11.19	13.01	0.9988	0.5371	1.0150
SiK	33.88	37.83	1.0284	0.5523	1.0053
ClK	15.09	13.34	0.9770	0.6215	1.0092
K K	4.62	3.71	0.9811	0.7085	1.0162
CaK	14.13	11.06	1.0042	0.7547	1.0025
TiK	0.74	0.48	0.9193	0.8064	1.0042
FeK	5.28	2.96	0.9205	0.9380	1.0011
PbL	2.31	0.35	0.6949	1.0360	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٥) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للعينة رقم (١٤) من الفسطاط



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	10.42	14.35	1.0069	0.4283	1.0077
MgK	3.70	4.82	1.0327	0.4519	1.0133
AlK	8.25	9.68	1.0027	0.5464	1.0205
SiK	54.25	61.17	1.0324	0.5839	1.0009
K K	4.79	3.88	0.9886	0.6612	1.0033
CaK	2.56	2.03	1.0109	0.7092	1.0015
TiK	0.49	0.32	0.9243	0.8155	1.0027
FeK	3.33	1.89	0.9263	0.9421	1.0058
PbL	12.21	1.87	0.7035	1.0379	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٦) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX للمنطقة المتوسطة بين البدن والتزجيج في العينة رقم (١٤) من الفسطاط

القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف الإسلامي بكلية الآثار.

وتوضـــح الصـــورة رقـــم (٥١) حالة الضعف الذى يظهر فى البدن ويتفق ما نلاحظه فى الصورة مع شكل القطعة حيث أن التشوه قد حدث فى أجزاء متفرقة من القطعة .

ثانيا: استخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح فى دراسة التزجيج

لقـــد تم عمل تحاليل لتزجيجات المسارج المختلفة ، وبالتالى تم إستخدام عينات تزجيج من عيـــنات الفسطاط وعينات تم الحصول عليها من مجموعة المسارج قيد الدراسة بالمتحف الإسلامى بكلية الآثار وفيما أهم النتائج التى تم الحصول عليها :

أولا: المجموعة الأولي (الفسطاط) :

- عينة التزجيج من العينة رقم (٣) من الفسطاط

وتتميـــز هـــذه القطعة باللون الأخضر القاتم وتتشابه معها القطعة رقم (١٣) من مجموعة المـــتحف وقد أظهرت نتائج التحليل كما يظهر فى الشكل رقم (٣٧) إرتفاع نسبة الرصاص مقارنة بنسبة السليكا ،ما يدل على إستخدام أكسيد الرصاص كمادة مصهره . أما بالنسبة لمصدر اللون فقد يرجع إلى وجود أكسيد النحاس والحديد مع التزجيج الرصاصي في الجوالمؤكسد .

- عينة تزجيج من العينة رقم (٤) من الفسطاط

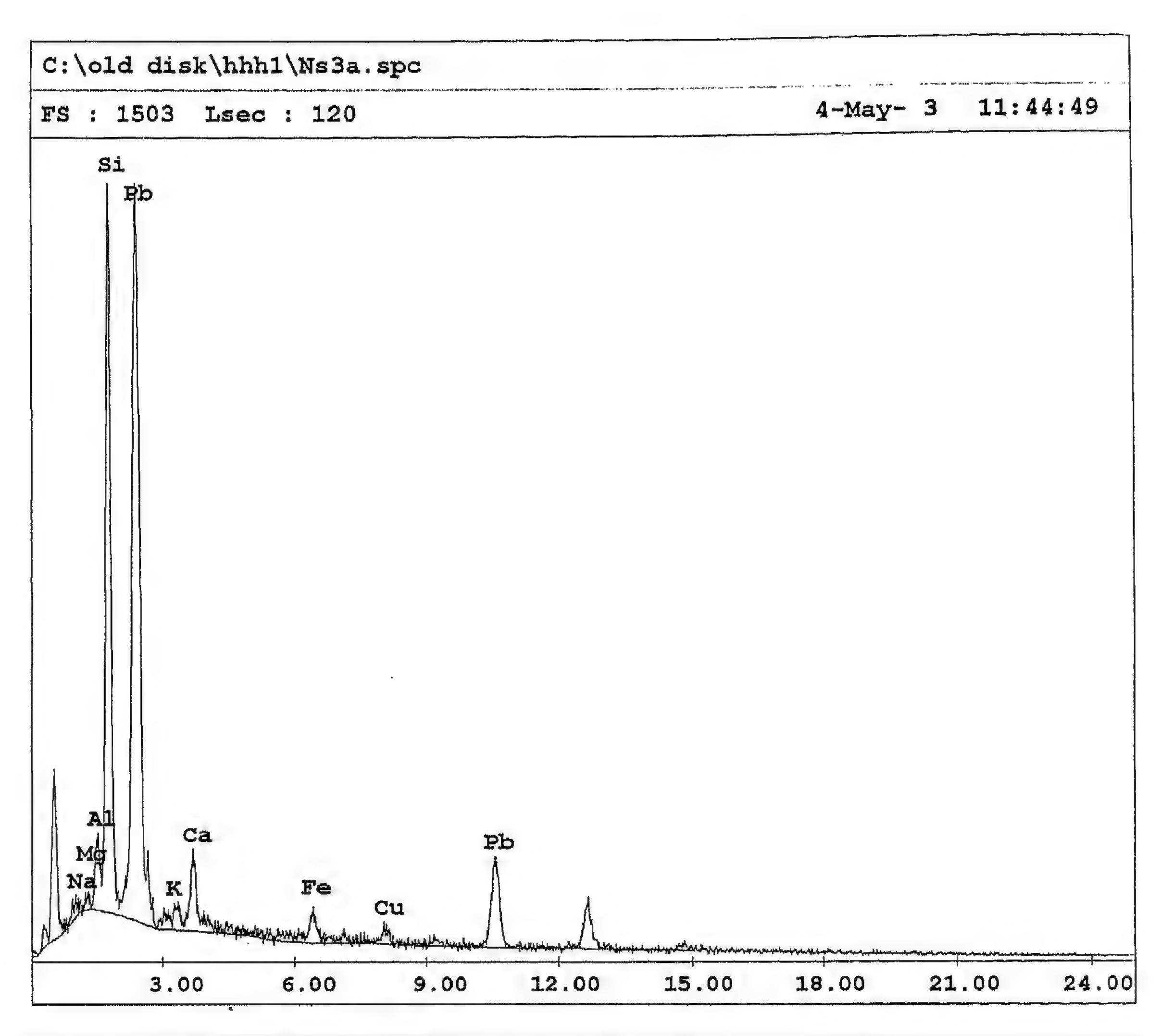
وتتميـــز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٣٨) نتائج التحليل حيث يظهر ارتفـــاع نسبة الرصاص وانخفاض نسبة السليكا واستخدام كل من أكسيد النحاس والحديد كمصدر للون الأخضر كذلك وجود بعض الأكاسيد القلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم .

- عينة تزجيج من العينة رقم (٧) من الفسطاط

تتميـــز هذه العينة باللون التركوازى وتتشابه معها القطع أرقام (٨) و (١٢) و (١٥) بالمتحف فـــى اللـــون ويظهر نتائج التحليل فى الشكل رقم (٣٩) حيث نلاحظ ارتفاع نسبة الرصاص ، أما مصدر اللون التركوازى فيرجع إلى أكاسيد النحاس والحديد وبعض أكاسيد البوتاسيوم والصوديوم .

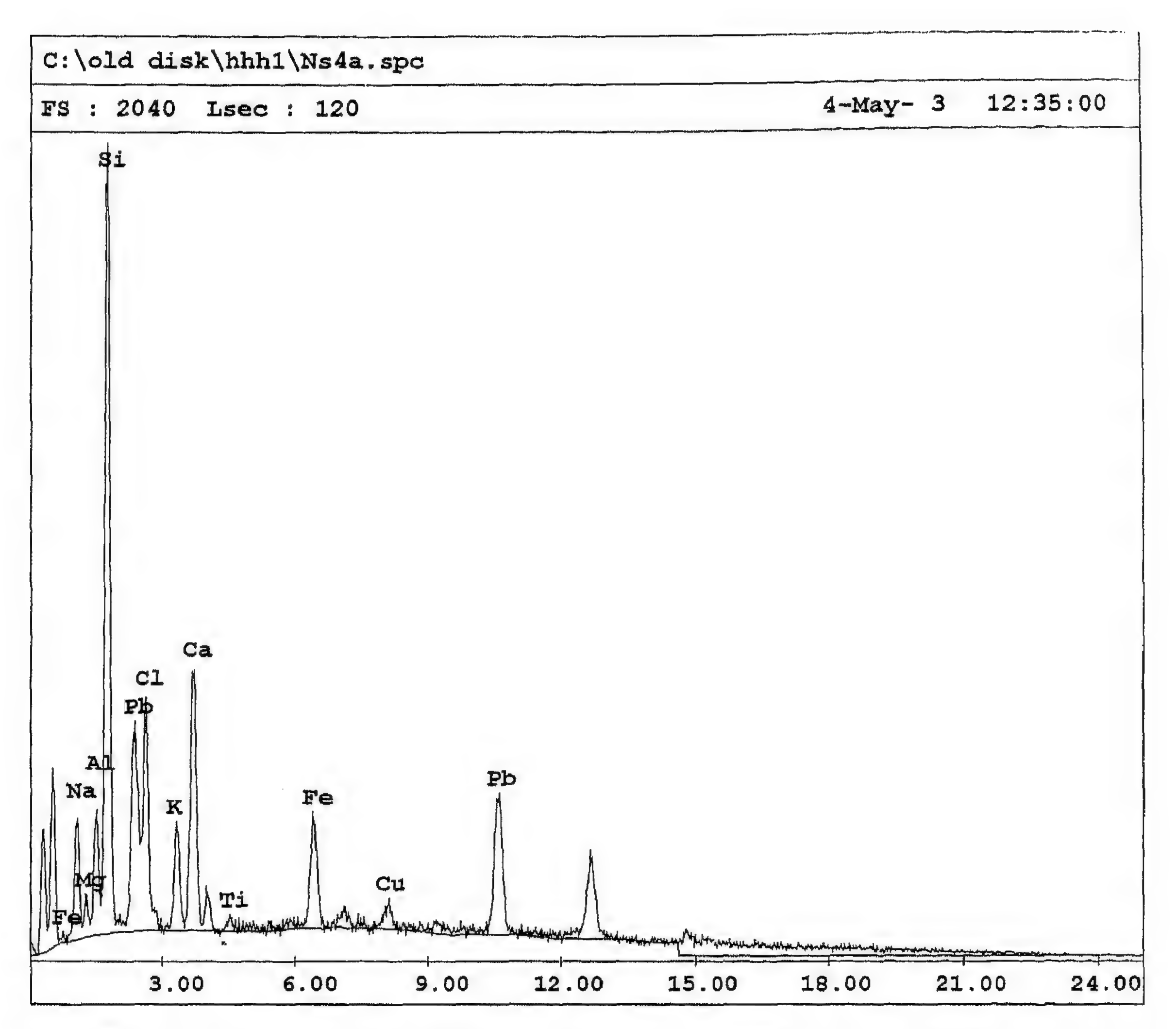
- عينة تزجيج العينة رقم (١١) من الفسطاط

هـــذه الكسرة لونها أخضر فاتح ويتشابه فى لونها مع القطعة رقم (٩) و (١٤) بالمتحف، ويظهر نتائج التحاليل فى الشكل رقم (٤٠) حيث نلاحظ الانخفاض النسبى للرصاص وارتفاع نسبة الحديد الذى يعزى اليها مصدر اللون الأخضر الفاتح .



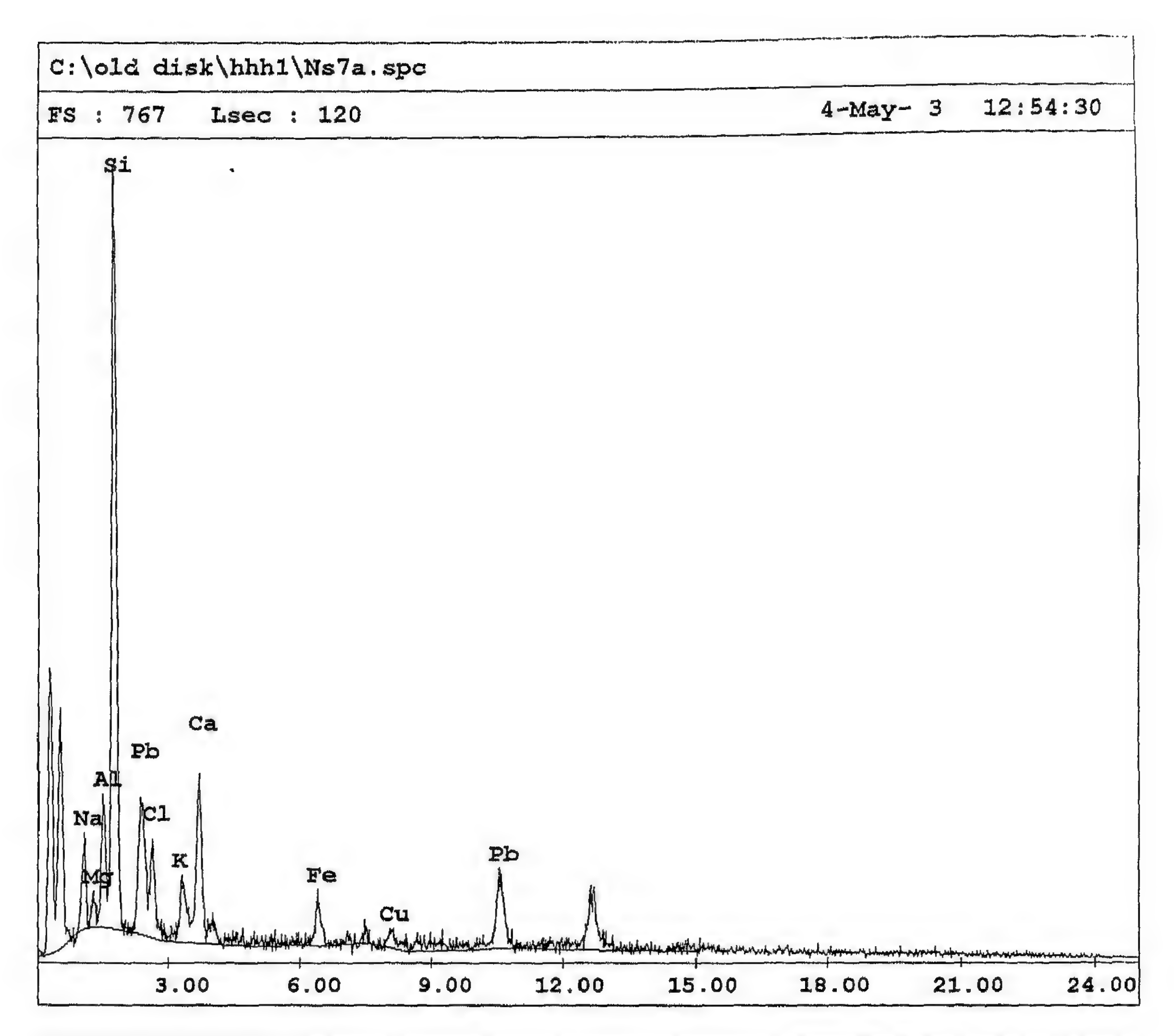
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	0.68	1.79	1.1109	0.2497	1.0027
MgK	0.90	2.25	1.1390	0.3304	1.0050
AlK	3.24	7.28	1.1055	0.4287	1.0082
SiK	27.31	59.04	1.1376	0.5155	1.0004
K K	1.39	2.16	1.1240	0.5042	1.0028
CaK	3.93	5.95	1.1400	0.5636	1.0007
FeK	2.39	2.60	1.0415	0.8690	1.0185
CuK	1.95	1.87	1.0239	0.9330	1.0508
PbL	58.21	17.06	0.8224	1.0168	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٧) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة رقم (٣) من الفسطاط



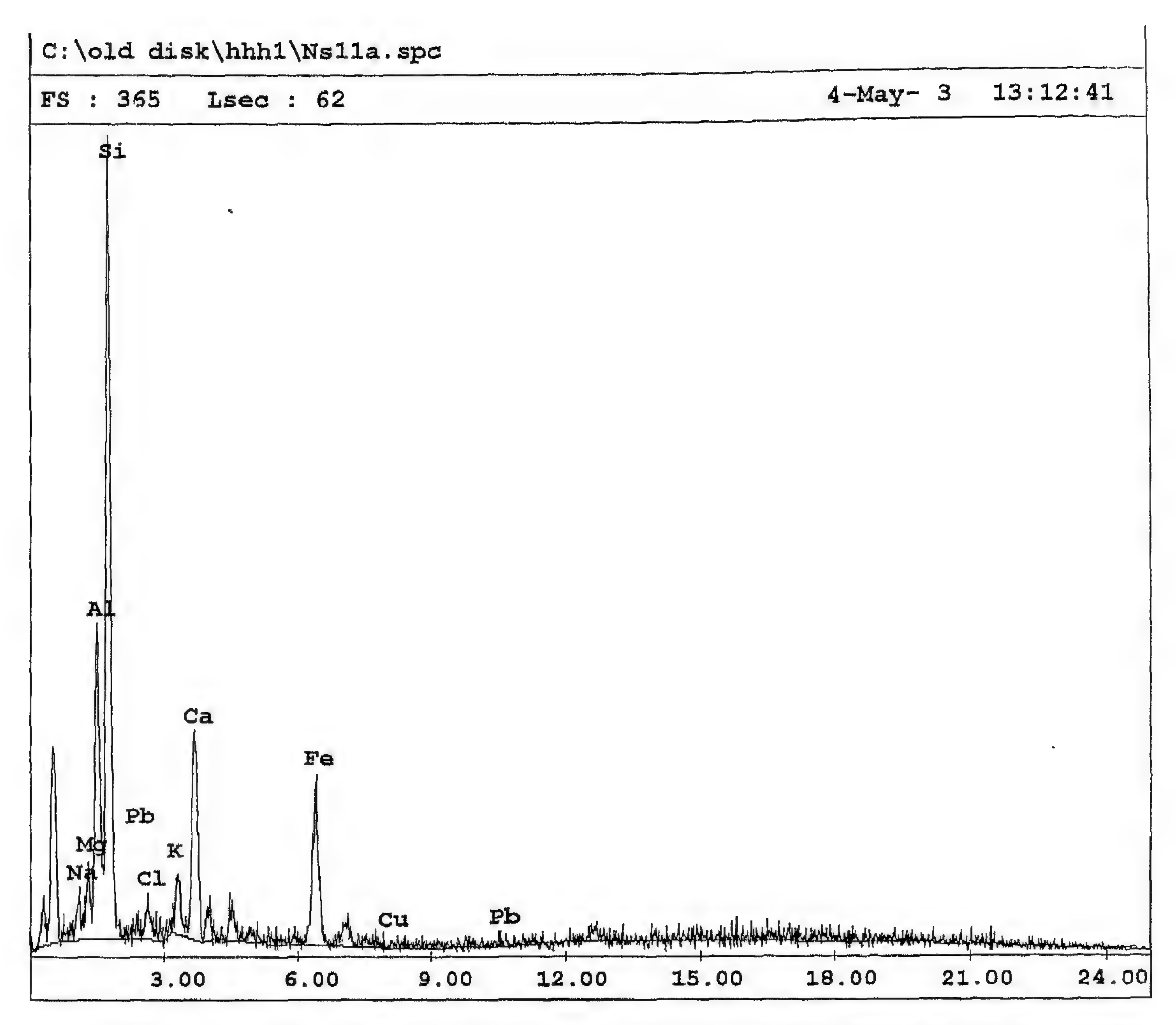
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	5.24	12.91	1.1022	0.2455	1.0019
MgK	1.13	2.63	1.1300	0.3069	1.0034
AlK	2.94	6.17	1.0969	0.4035	1.0055
SiK	16.26	32.80	1.1288	0.4955	1.0017
ClK	6.87	10.98	1.1085	0.4117	1.0030
K K	2.91	4.22	1.1104	0.5274	1.0052
CaK	6.94	9.81	1.1275	0.5819	1.0014
TiK	0.38	0.45	1.0225	0.6894	1.0028
FeK	4.55	4.62	1.0306	0.8731	1.0164
CuK	1.58	1.41	1.0114	0.9324	1.0449
PbL	51.20	14.00	0.8092	1.0170	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٨) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة رقم (٤) من الفسطاط



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	5.01	10.72	1.0786	0.2714	1.0030
MgK	1.41	2.85	1.1060	0.3372	1.0054
AlK	4.59	8.36	1.0736	0.4377	1.0085
SiK	25.80	45.17	1.1050	0.5175	1.0014
ClK	4.69	6.51	1.0786	0.4201	1.0030
K K	2.88	3.62	1.0810	0.5476	1.0051
CaK	6.82	8.37	1.0992	0.6031	1.0009
FeK	2.83	2.50	1.0053	0.8852	1.0159
CuK	1.86	1.44	0.9845	0.9421	1.0423
PbL	44.11	10.47	0.7841	1.0213	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٣٩) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة رقم (٧) من الفسطاط.



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	3.09	4.57	1.0134	0.3050	1.0060
MgK	3.73	5.21	1.0393	0.4033	1.0107
AlK	14.01	17.64	1.0092	0.5015	1.0137
SiK	40.16	48.58	1.0390	0.5025	1.0019
ClK	1.98	1.90	0.9914	0.5358	1.0068
K K	2.93	2.55	0.9952	0.6987	1.0139
CaK	10.38	8.80	1.0176	0.7519	1.0053
FeK	14.60	8.88	0.9325	0.9436	1.0051
CuK	0.99	0.53	0.9056	0.9566	1.0095
PbL	8.12	1.33	0.7076	1.0294	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٠) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة رقم (١١) من الفسطاط

- عينة تزجيج من العينة رقم (١٣) من الفسطاط

تتميز هذه الكسرة باللون الأخضر . ويوضح شكل رقم (٤١) نتائج التحليل حيث يظهر انخفاض نسبة الرصاص وإرتفاع نسبة الحديد الذى يعزى إليه اللون الأخضر بالإضافة إلى وجود أكسيد النحاس والحديد ، ويساعد الحديد فى زيادة بريق ولمعان التزجيج .

- عينة تزجيج من العينة رقم (١٤) من الفسطاط

تتشابه هذه العينة فى لونها مع القطعة رقم (٥) من مجموعة المتحف حيث تتميز باللون التركوازى ، وتوضح الأشكال أرقام (٤٢) و (٤٣) و (٤٤) نتائج التحليل لأجزاء مختلفة من طبقة التزجيج السطحية التى تتميز بإرتفاع نسبة الحديد الذى يعزى إليه اللون التركوازى فى الجو المختزل . بينما يوضح الشكل رقم (٤٥) نتائج التحاليل التى تمت لطبقة التزجيج الداخلية التى تتميز بإنخفاض نسبة الرصاص .

ثانيا:المجموعه الثانيه (المتحف الاسلامي بكلية الآثار)

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١)

تتميز هذه القطعة بوجود أكاسيد الحديد والنحاس بالإضافة إلى أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم الذي يظهر في الشكل رقم(٤٦) وإلى ذلك يرجع مصدر اللون الأحمر والأخضر الذى ينتشر فى مناطق مختلفة من القطعة .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٢) من مجموعة المتحف

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٤٧) نتائج التحليل التى تظهر ارتفاع نسبة الرصاص وانخفاض السليكا ويرجع اللون الأخضر الى أكسيد النحاس الذى يوجد بنسبة كبيرة ، ويظهر هذا اللون فى الجو المؤكسد فى حالة تزجيجات الرصاص .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف

نلاحظ فى هذه القطعة اللون التركوازى الذى يرجع إلى إرتفاع نسبة أكسيد النحاس والحديد، ويوضح الشكل رقم (٤٨) إنخفاض نسبة الرصاص .

- عينات تزجيج من القطعة رقم (٤)

تعد هذه القطعة نموذجا جيداً لعيوب الصناعة حيث نلاحظ انتشار الفقاعات فى التزجيج ووجود درجات لونية مختلفة ، وبالرجوع إلى نتائج التحليل في الأشكال أرقام(٤٩)و(٥٠) و(٥١)

و(٥٢) حيث نلاحظ ثبات السليكا تقريبا والتفاوت فى نسبة الرصاص وكذلك وجود الكالسيوم بنسب متفاوتة ، مما يدل على عدم التجانس فى نسبة المواد الخام .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٦)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر الزيتونى. ويوضح الشكل رقم (٥٣) نتائج التحاليل التى أثبتت إرتفاع نسبة الرصاص ،و يرجع هذا اللون إلى وجود أكاسيد النحاس والحديد .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٧)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر القاتم ويوضح الشكل رقم (٥٤) نتائج التحليل التى أثبتت ارتفاع نسبة الرصاص والكالسيوم ويعزى اللون إلى وجود أكسيد النحاس والحديد .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١٠)

تتميـــز هـــذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٥٥) نتائج التحليل حيث نلاحظ إرتفاع نسبة الرصاص ، ويرجع مصدر اللون فى التزجيج إلى وجود أكسيد النحاس والحديد .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١١)

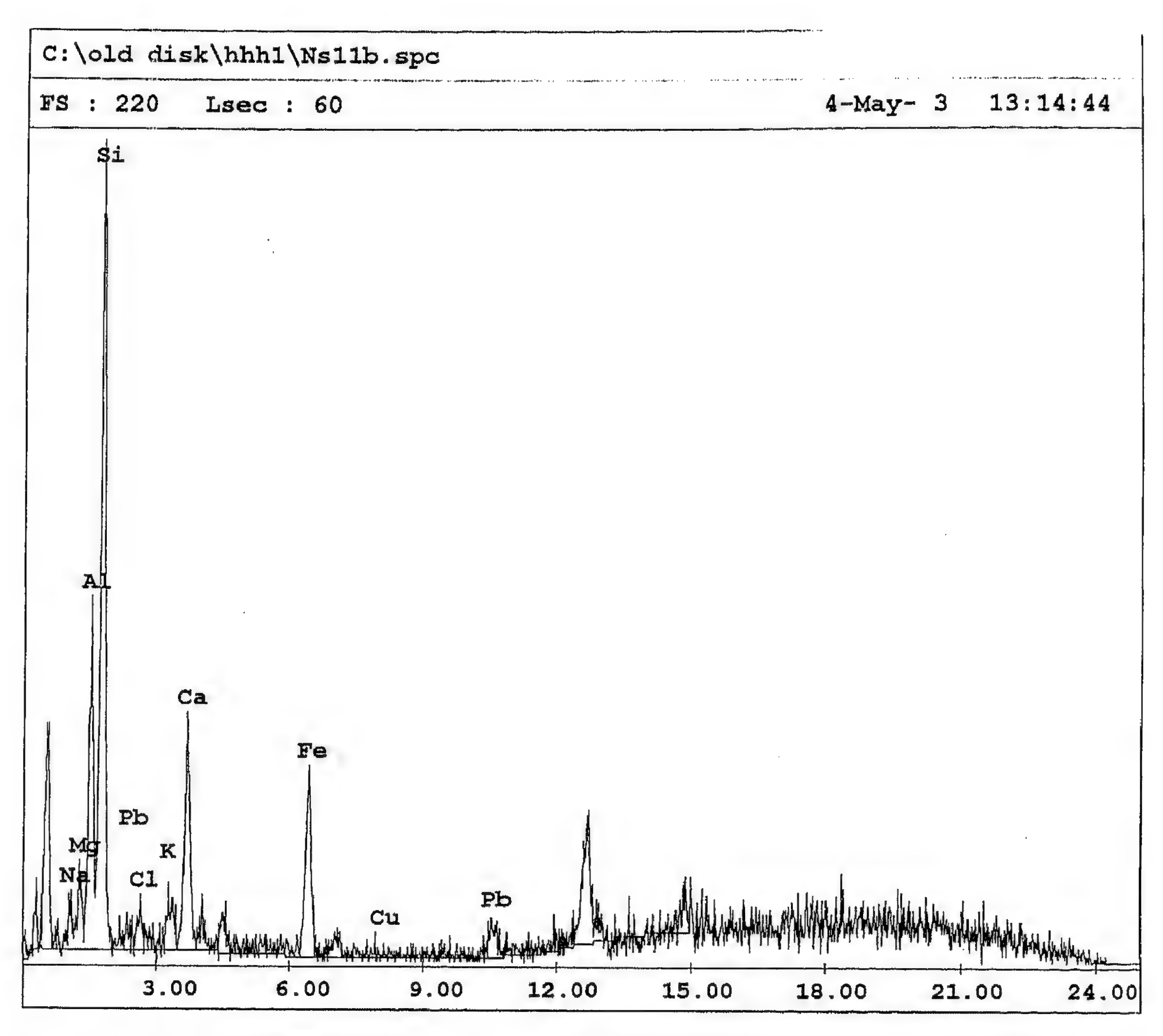
نلاحـــظ فى هذه القطعة إنخفاض نسبة الرصاص وإرتفاع نسبة الحديد والنحاس والى ذلك يرجع مصدر اللون التركوازى ويوضح الشكل رقم (٥٦) نتائج التحليل .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (١٧)

تتميـــز هذه القطعة باللون البرتقالى ، ويوضح الشكل رقم (٥٧) نتائج التحليل حيث نلاحظ انخفـــاض نسبة السليكا وارتفاع نسبة الرصاص ، ويرجع اللون البرتقالى إلى وجود أكسيد الحديد بنسبة منخفضة مع وجود الرصاص فى التزجيج وظروف جو مؤكسد . وقد يعود وجود الفوسفات إلى استخدام مسحوق العظم bone ash فى التزجيج .

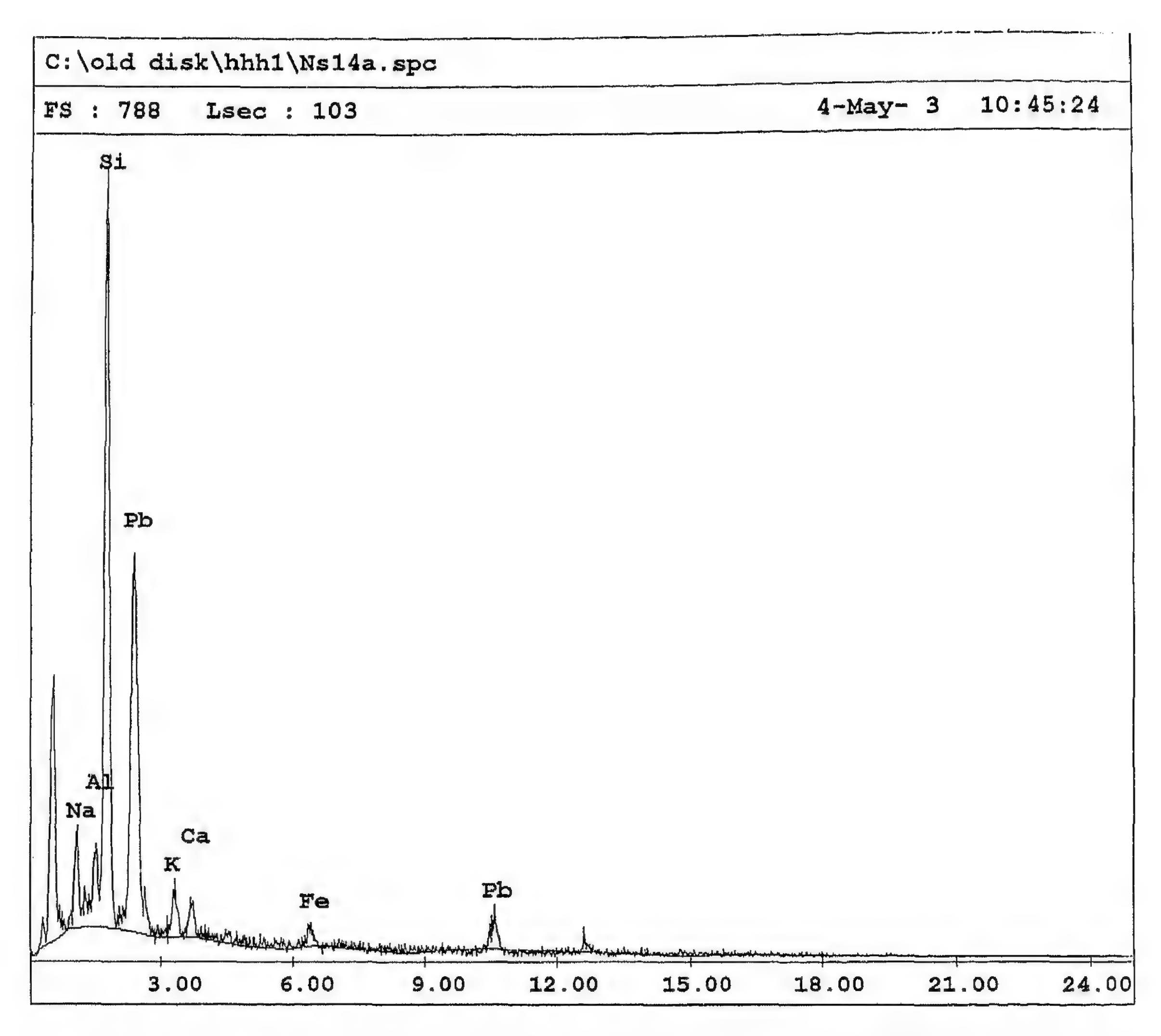
- عينة تزجيج من القطعة رقم (١٩)

تتميـــز هذه القطعة باللون الأخضر . ويوضح الشكل رقم (٥٨) نتائج التحليل حيث يظهر إرتفاع نسبة الرصاص . وقد يرجع اللون الأخضر إلى إستخدام أكسيد الحديد فى الجو المؤكسد مع تزجيج الرصاص .



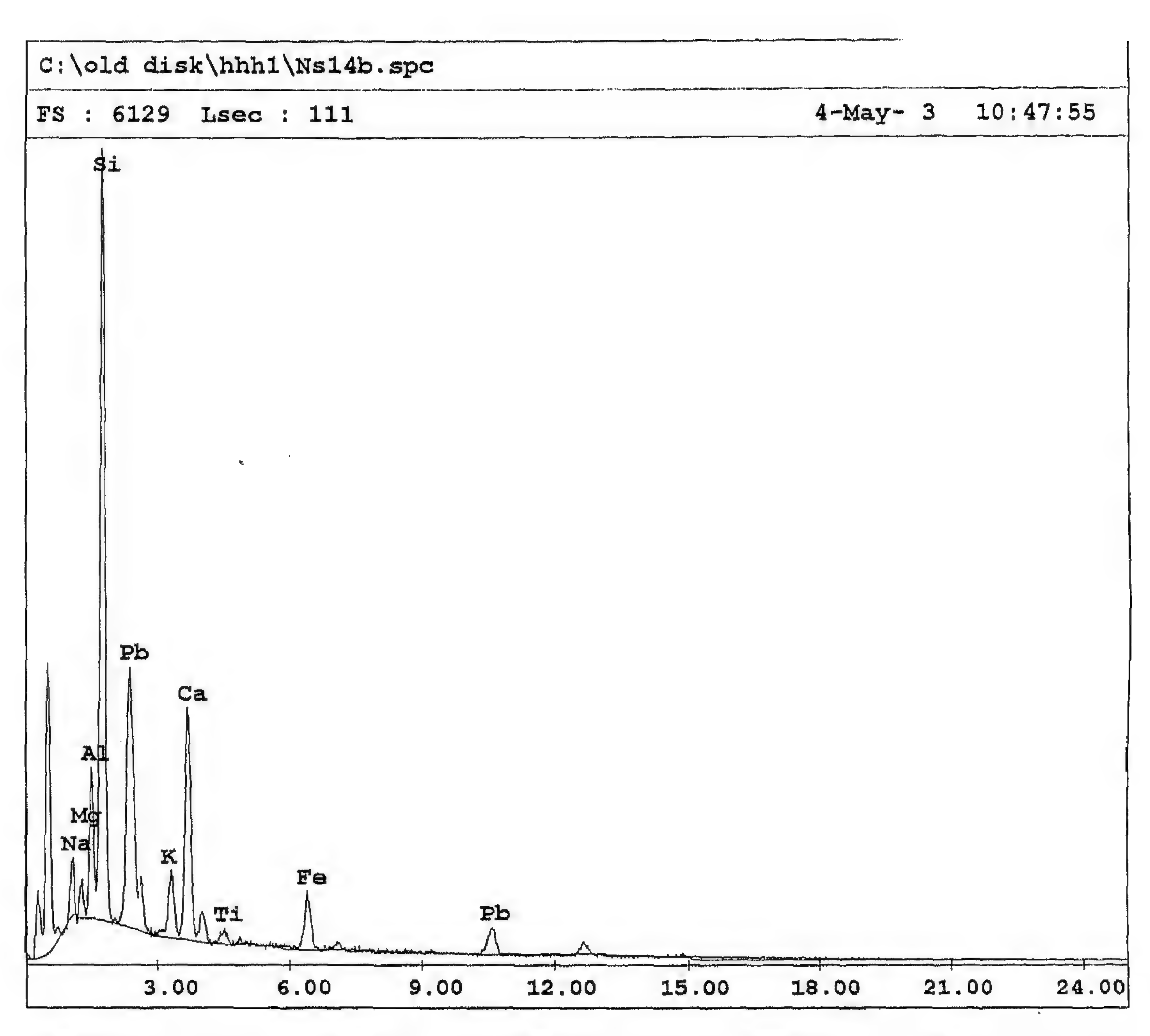
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	2.94	5.14	1.0434	0.2760	1.0044
MgK	3.60	5.95	1.0700	0.3630	1.0077
AlK	11.86	17.66	1.0389	0.4551	1.0096
SiK	30.57	43.73	1.0695	0.4823	1.0014
ClK	2.12	2.40	1.0310	0.4753	1.0046
K K	2.37	2.44	1.0342	0.6246	1.0091
CaK	8.17	8.19	1.0549	0.6814	1.0038
FeK	12.74	9.16	0.9658	0.9183	1.0099
CuK	0.81	0.51	0.9415	0.9458	1.0254
PbL	24.81	4.81	0.7421	1.0243	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤١) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة رقم (١٣) من الفسطاط



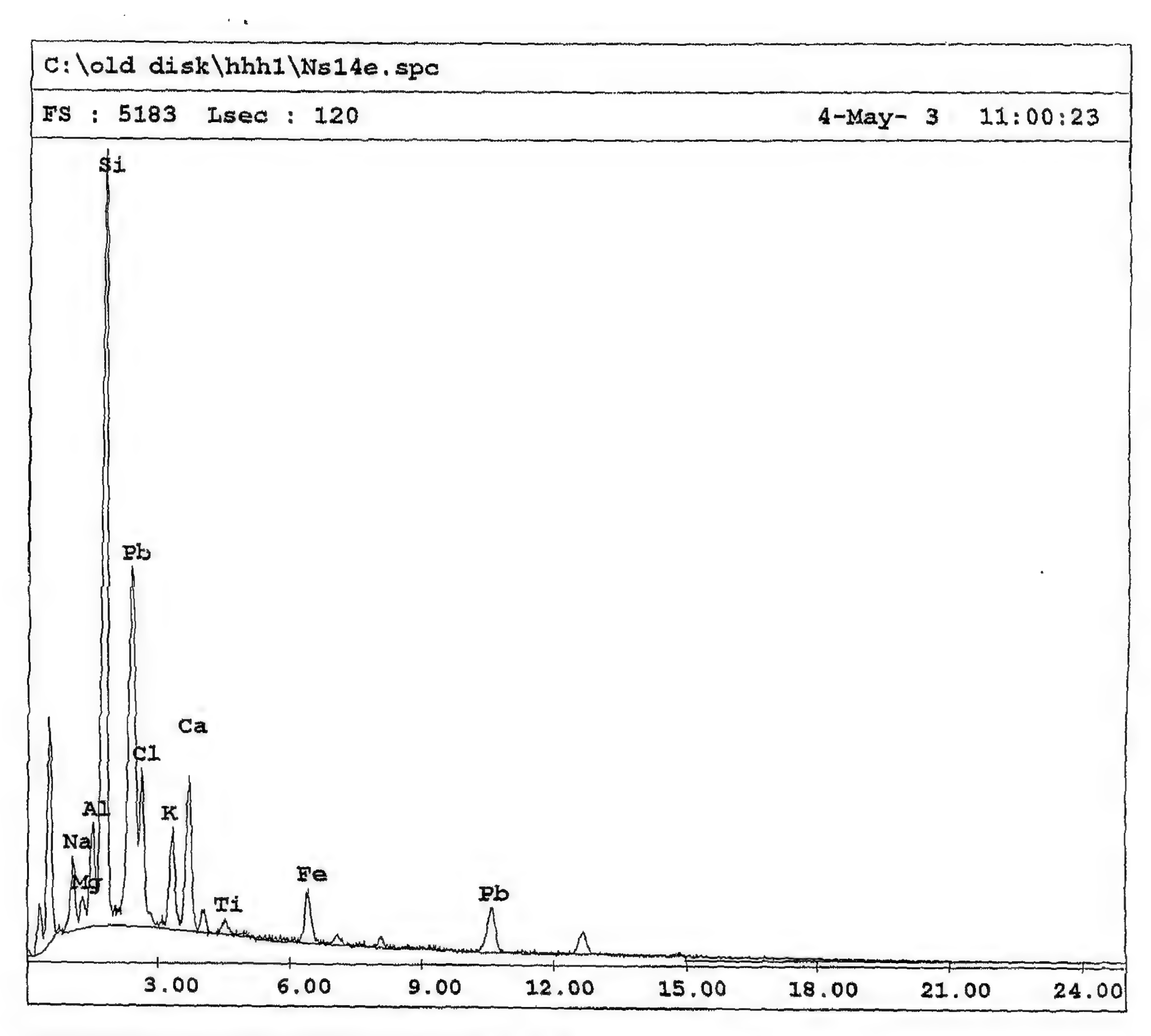
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	9.06	15.77	1.0468	0.3339	1.0048
AlK	5.26	7.80	1.0422	0.4981	1.0150
SiK	43.26	61.63	1.0728	0.5680	1.0006
K K	3.78	3.87	1.0407	0.5800	1.0023
CaK	2.63	2.63	1.0605	0.6331	1.0007
FeK	2.59	1.85	0.9708	0.9077	1.0120
PbL	33.43	6.46	0.7497	1.0292	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٢) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من العينة
رقم (١٤) من الفسطاط



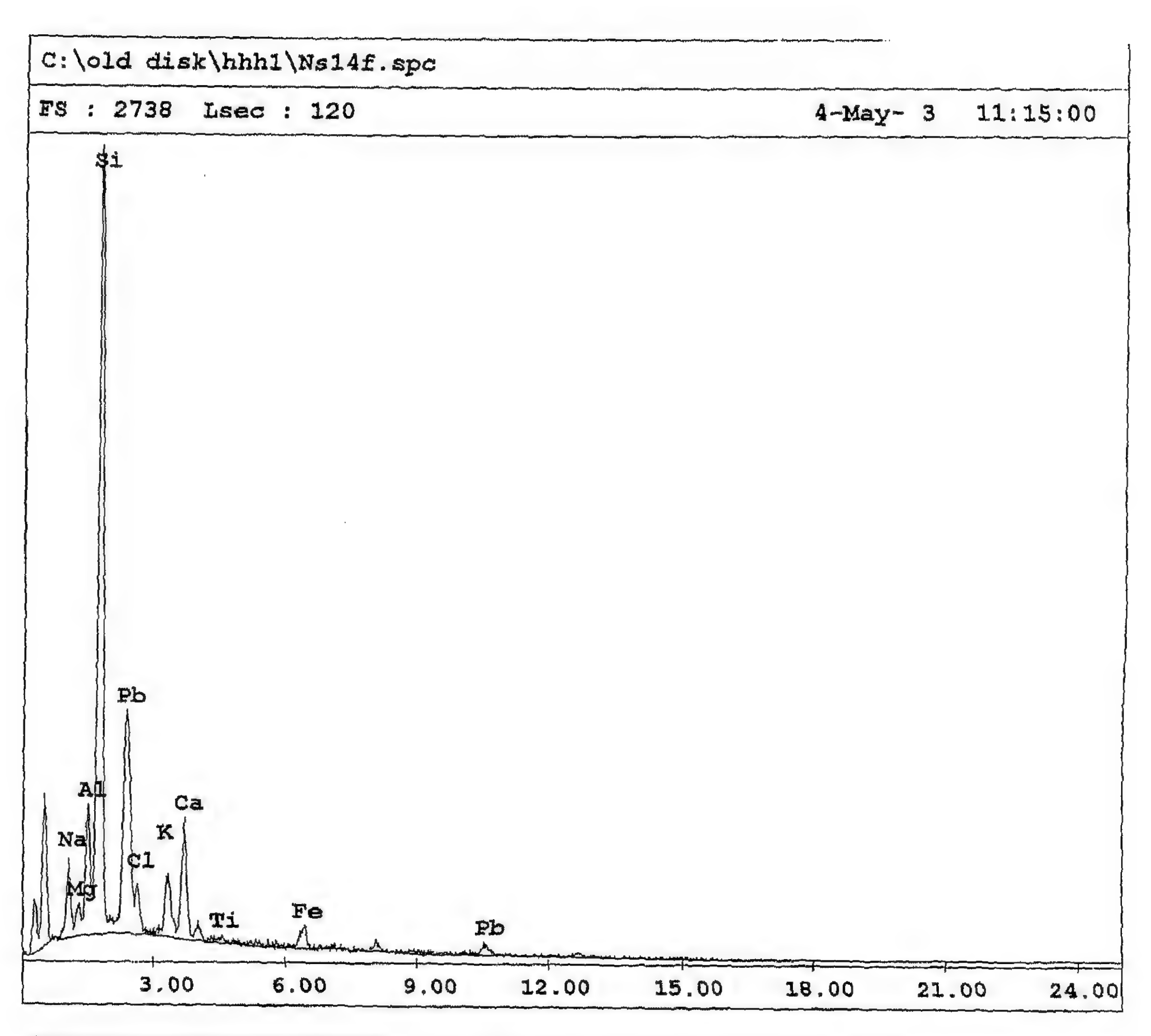
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.55	7.86	1.0380	0.3023	1.0046
MgK	2.11	3.45	1.0644	0.3827	1.0084
AlK	7.00	10.31	1.0334	0.4882	1.0128
SiK	36.40	51.51	1.0638	0.5469	1.0016
K K	3.67	3.73	1.0290	0.6277	1.0123
CaK	13.47	13.36	1.0495	0.6779	1.0022
TiK	1.00	0.83	0.9567	0.7484	1.0035
FeK	5.48	3.90	0.9609	0.9059	1.0092
PbL	26.32	5.05	0.7387	1.0271	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٣) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لجزء آخر من عينة التزجيج رقم (١٤) من الفسطاط



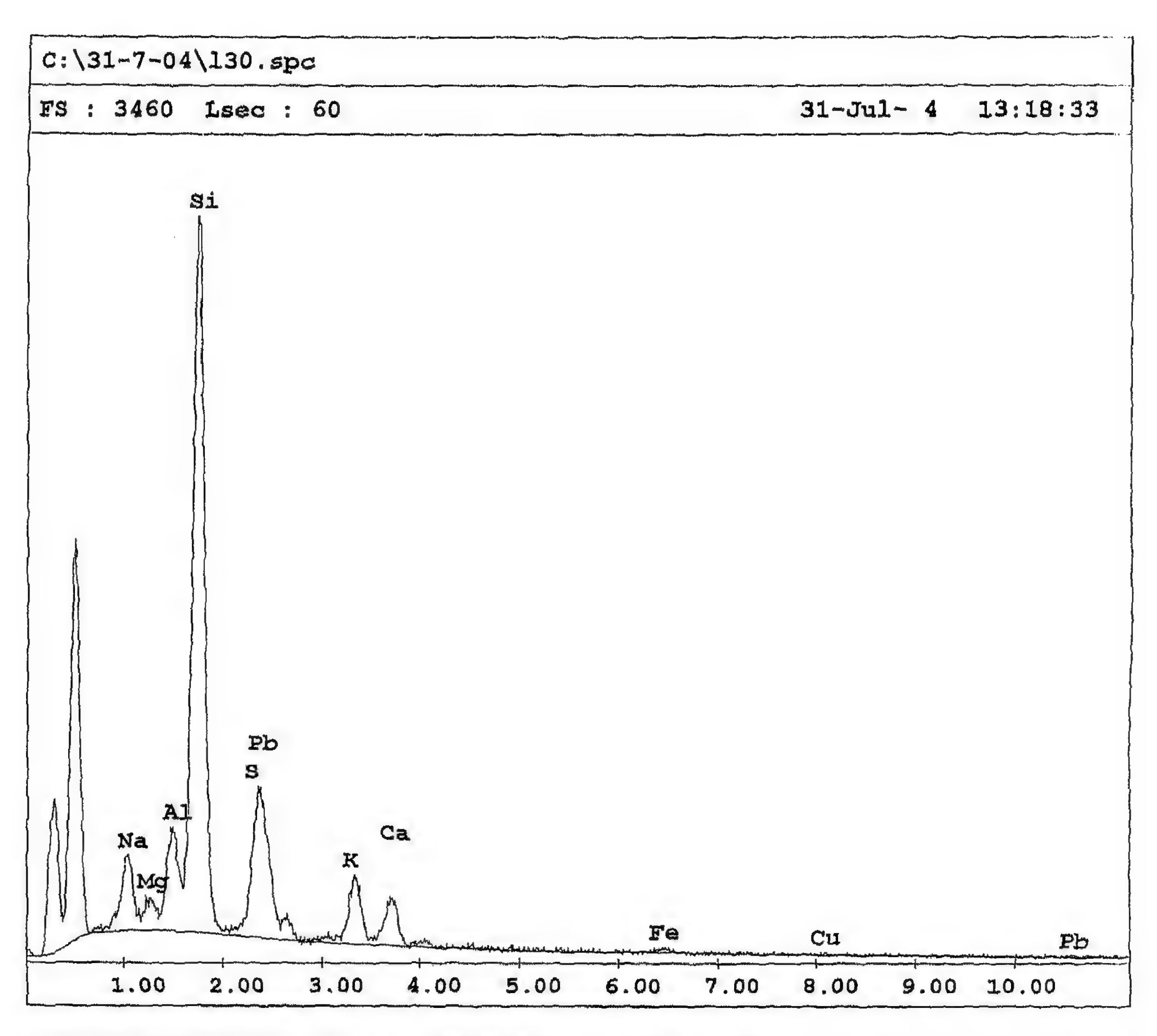
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.88	9.23	1.0563	0.2922	1.0037
MgK	1.71	3.05	1.0831	0.3664	1.0068
AlK	4.32	6.96	1.0516	0.4713	1.0110
SiK	29.64	45.87	1.0824	0.5533	1.0024
ClK	8.43	10.33	1.0489	0.4605	1.0044
K K	4.89	5.43	1.0517	0.5792	1.0063
CaK	7.45	8.08	1.0713	0.6278	1.0016
TiK	0.80	0.73	0.9753	0.7290	1.0025
FeK	4.17	3.24	0.9805	0.8956	1.0111
PbL	33.70	7.07	0.7582	1.0251	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٤) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لجزء آخر من عينة التزجيج رقم (١٤) من الفسطاط



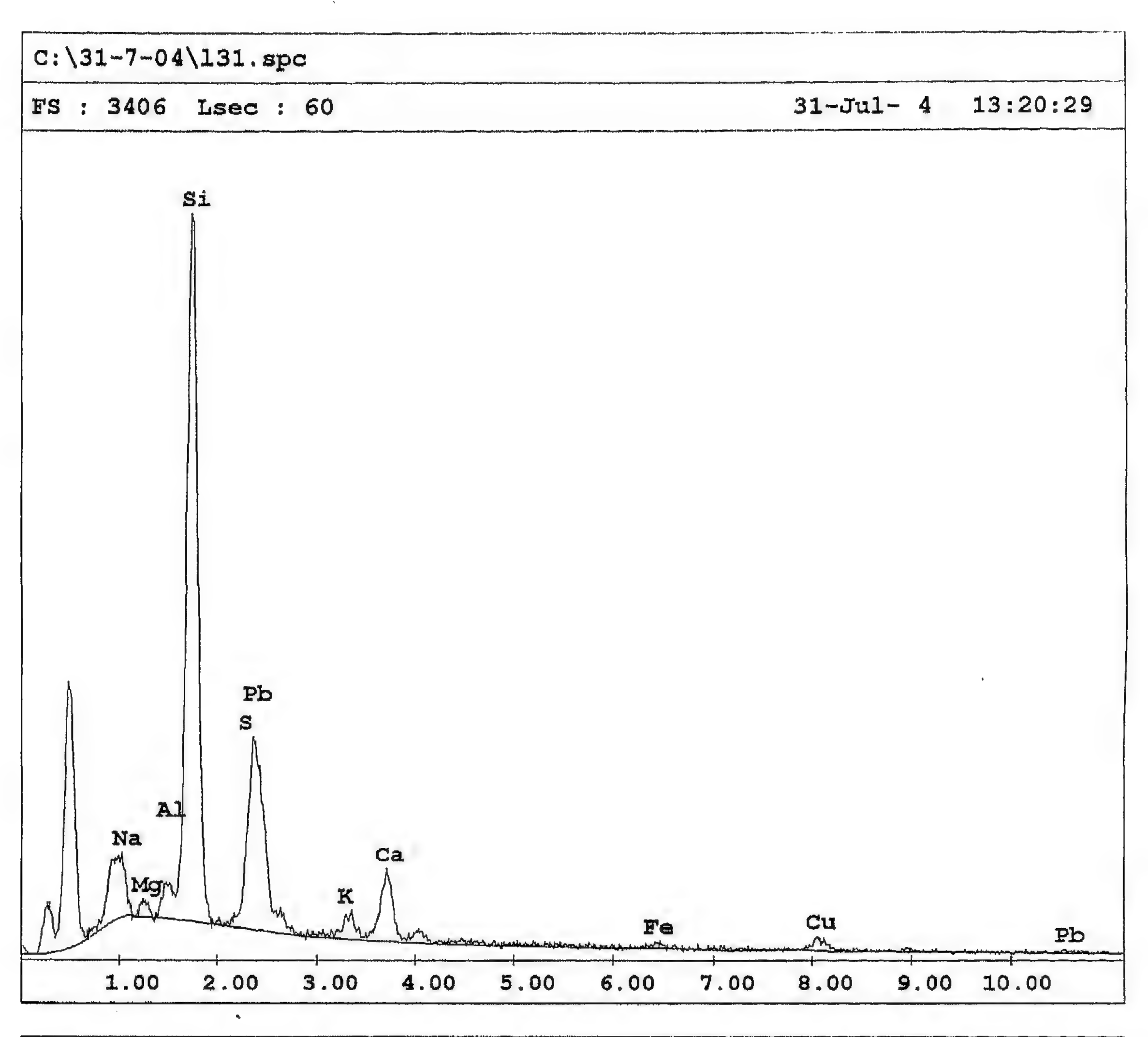
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	6.53	9.55	1.0125	0.3799	1.0068
MgK	2.48	3.44	1.0385	0.4493	1.0124
AlK	7.43	9.27	1.0083	0.5575	1.0195
SiK	48.32	57.87	1.0381	0.6011	1.0021
ClK	4.48	4.25	0.9923	0.5059	1.0054
K K	4.88	4.20	0.9959	0.6544	1.0081
CaK	8.13	6.83	1.0179	0.7018	1.0015
TiK	0.62	0.44	0.9302	0.7885	1.0023
FeK	3.16	1.90	0.9326	0.9285	1.0059
PbL	13.95	2.27	0.7097	1.0348	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٥) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لطبقة التزجيج الداخلية من العينة رقم (١٤) من الفسطاط



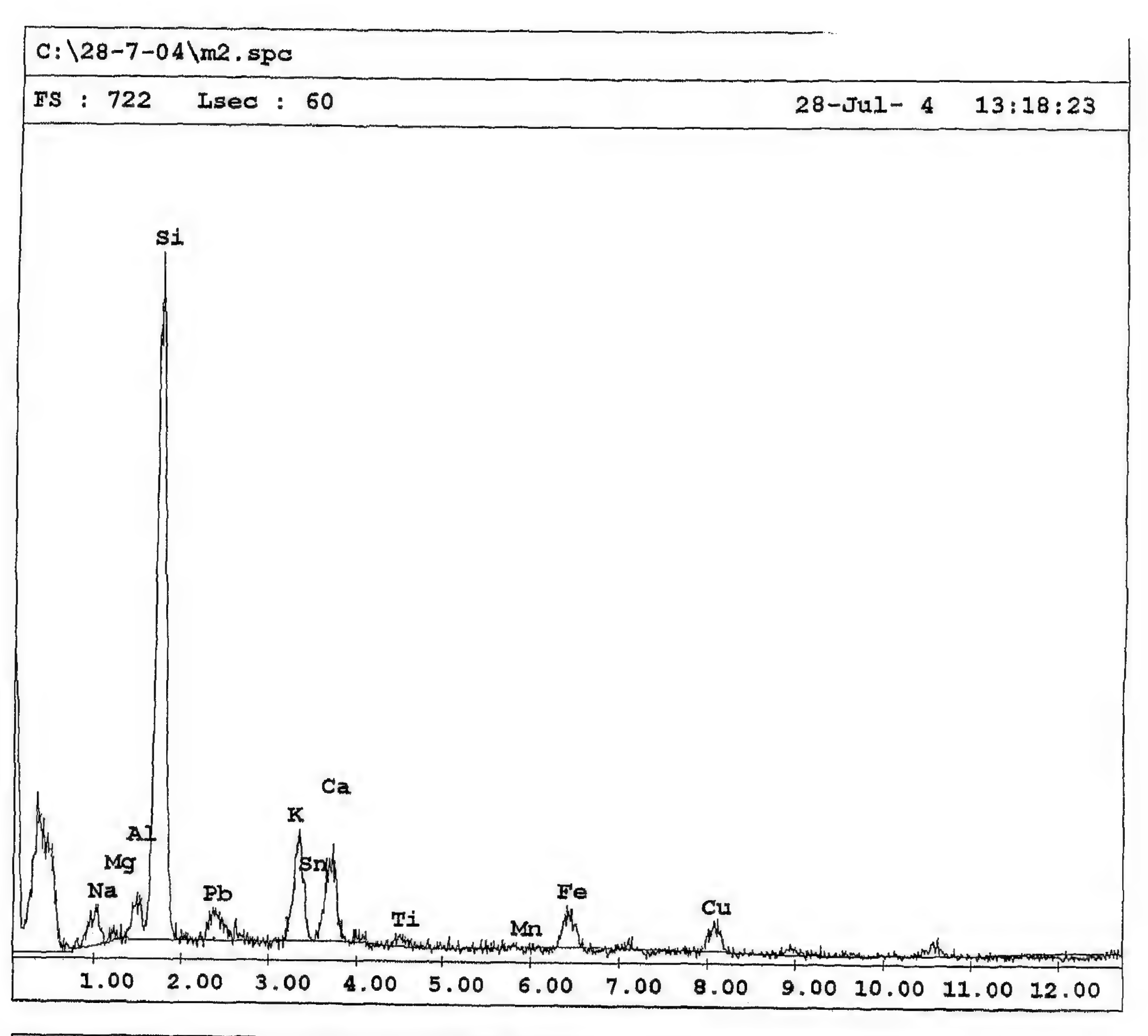
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.83	9.38	1.0861	0.4981	1.0033
MgK	1.71	3.15	1.1116	0.5888	1.0061
AlK	5.03	8.32	1.0927	0.6901	1.0098
SiK	34.90	55.49	1.1426	0.7514	1.0009
S K	1.40	1.95	1.1135	0.7450	1.0017
K K	5.79	6.61	1.0609	0.7789	1.0025
CaK	4.25	4.73	1.0865	0.8099	1.0002
FeK	1.28	1.02	1.0038	0.9597	1.0026
CuK	1.11	0.78	0.9783	0.9832	1.0068
PbL	39.71	8.56	0.6861	1.0044	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٦) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (١) من مجموعة المتحف



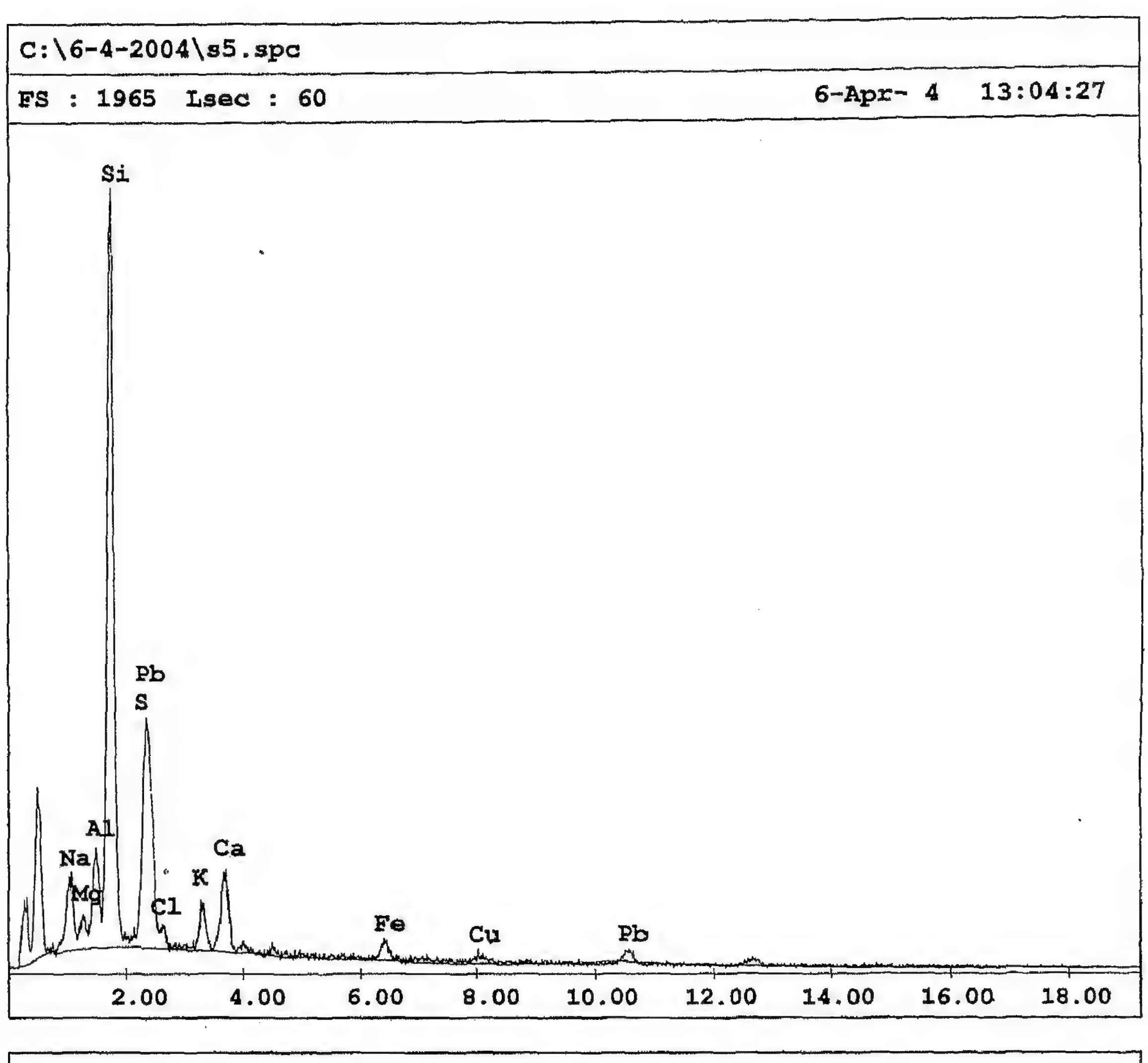
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	3.28	8.05	1.1339	0.4242	1.0020
MgK	0.73	1.70	1.1601	0.5212	1.0039
AlK	1.49	3.12	1.1465	0.6331	1.0071
SiK	28.16	56.56	1.2073	0.7237	1.0004
S K	0.24	0.42	1.1700	0.7529	1.0010
K K	1.76	2.55	1.1118	0.7483	1.0028
CaK	5.14	7.23	1.1398	0.7901	1.0004
FeK	1.08	1.09	1.0626	0.9520	1.0063
CuK	5.64	5.00	1.0414	0.9793	1.0077
PbL	52.48	14.29	0.7404	1.0030	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٤٧) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (٢) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	5.15	7.69	1.0095	0.2755	1.0067
MgK	0.96	1.35	1.0359	0.3359	1.0127
AlK	3.69	4.69	1.0064	0.4477	1.0221
SiK	52.43	64.15	1.0366	0.5348	1.0021
PbM	10.37	1.72	0.8141	0.7137	1.0007
K K	8.56	7.52	0.9967	0.6046	1.0096
SnL	0.78	0.23	0.8124	0.8052	1.0021
CaK	7.46	6.40	1.0193	0.6345	1.0034
TiK	0.93	0.67	0.9317	0.7323	1.0059
MnK	0.00	0.00	0.9167	0.8744	1.0104
FeK	4.55	2.80	0.9359	0.9052	1.0152
CuK	5.13	2.77	0.9110	0.9519	1.0157
Total	100.00	100.00			

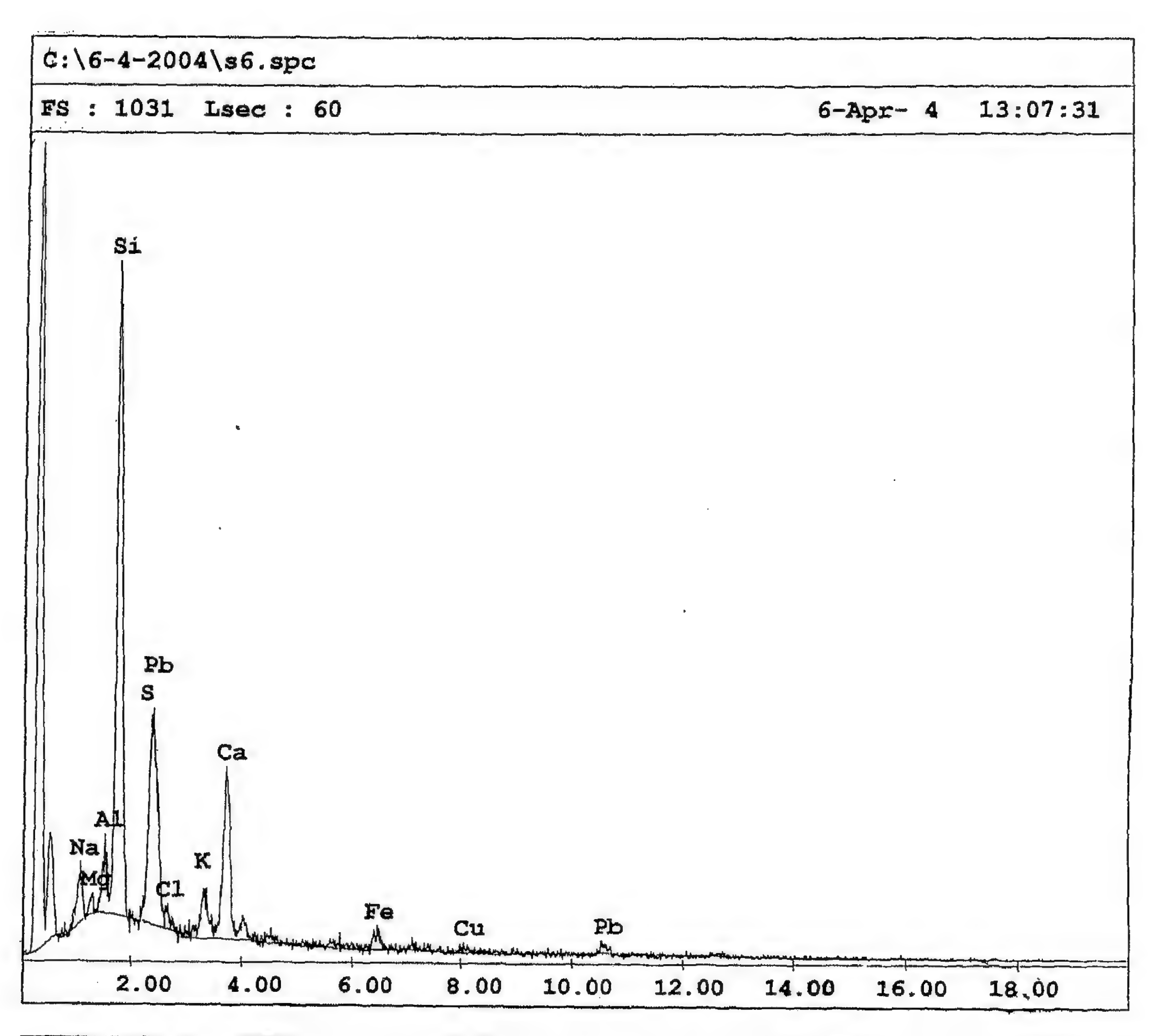
شكل رقم (٤٨) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (٣) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	Z	A	F
NaK	5.99	1.0499	0.3887	1.0043
MgK	2.21	1.0758	0.4673	1.0079
AlK	5.28	1.0438	0.5763	1.0127
SiK	39.47	1.0737	0.6483	1.0012
S K	1.14	1.0859	0.6126	1.0026
ClK	1.78	1.0346	0.5580	1.0030
K K	3.35	1.0309	0.6973	1.0047
CaK	5.98	1.0529	0.7440	1.0010
FeK	3.32	0.9674	0.9408	1.0098
CuK	2.52	0.9423	0.9721	1.0223
PbL	28.97	0.7063	1.0164	1.0000
Total	100.00			

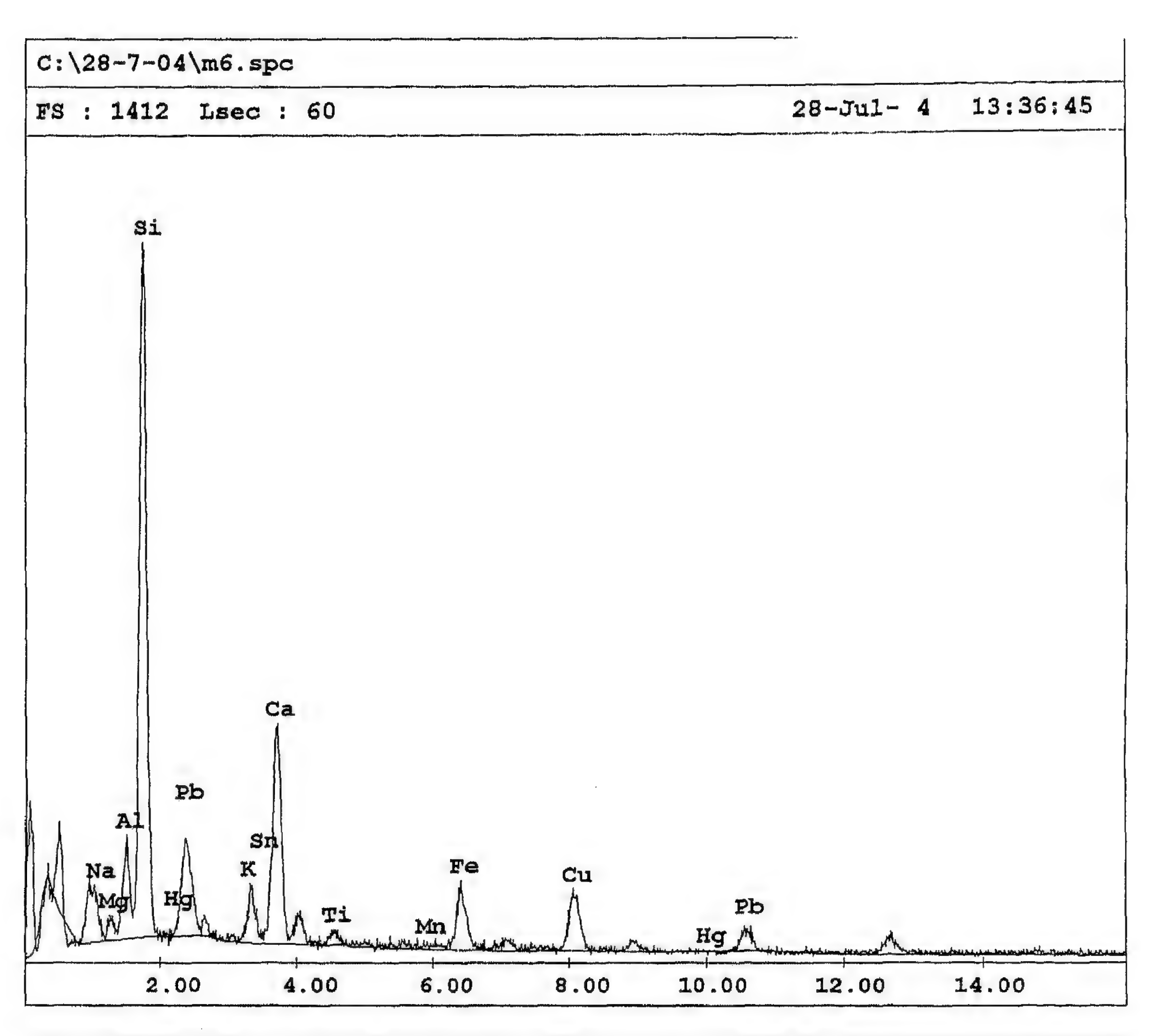
شكل رقم (٤٩) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة

رقم (٤) من مجموعة المتحف



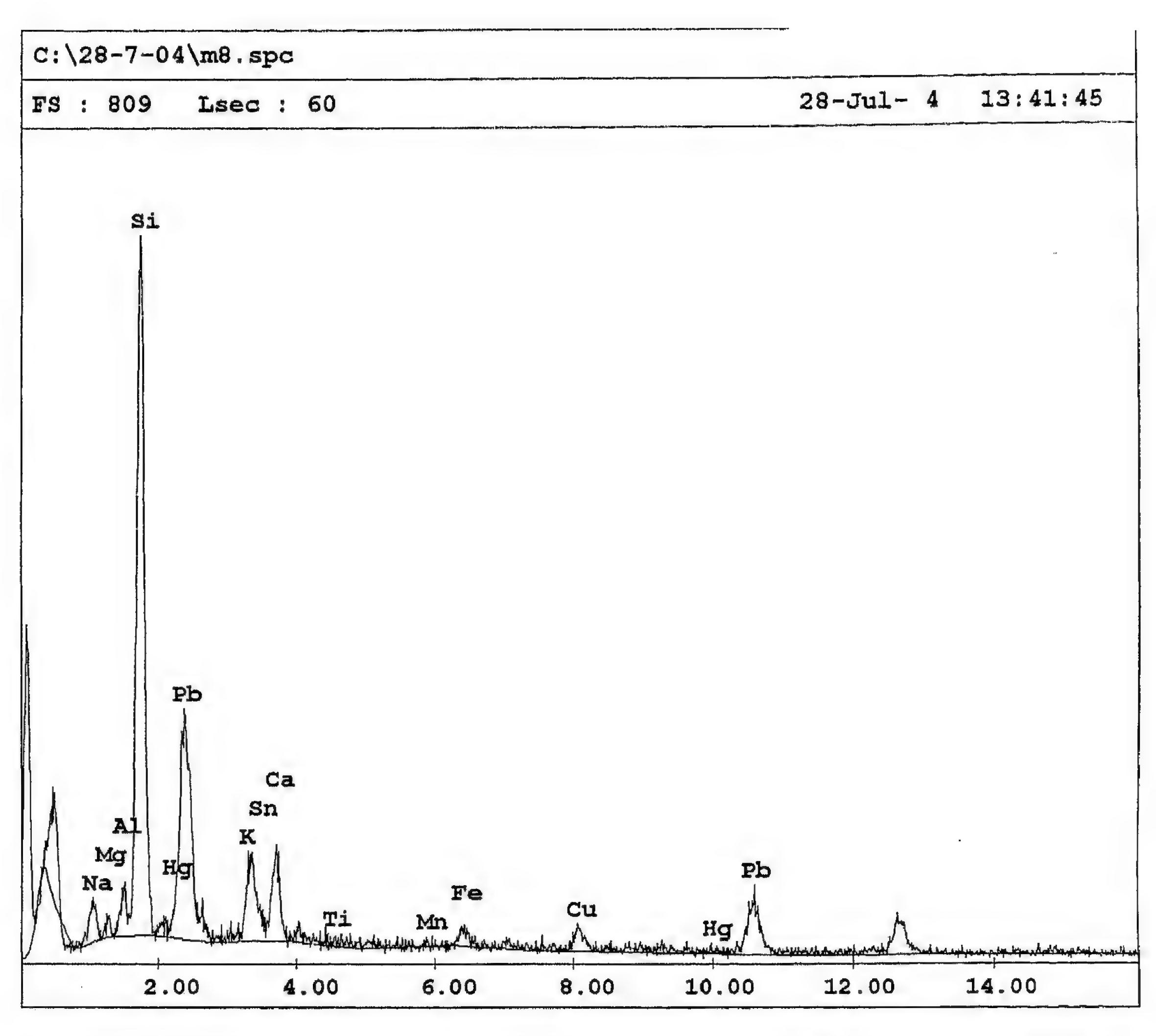
Element	Wt %	Z	A	F
NaK	4.80	1.0411	0.3769	1.0041
MgK	1.14	1.0669	0.4685	1.0078
AlK	3.57	1.0351	0.5891	1.0134
SiK	37.62	1.0648	0.6747	1.0023
S K	2.16	1.0743	0.6342	1.0046
ClK	1.65	1.0238	0.5875	1.0061
K K	4.12	1.0213	0.7242	1.0117
CaK	15.00	1.0434	0.7654	1.0010
FeK	3.25	0.9574	0.9379	1.0082
CuK	2.23	0.9316	0.9708	1.0185
PbL	24.47	0.6966	1.0162	1.0000
Total	100.00			

شكل رقم (٥٠) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج أخرى من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف



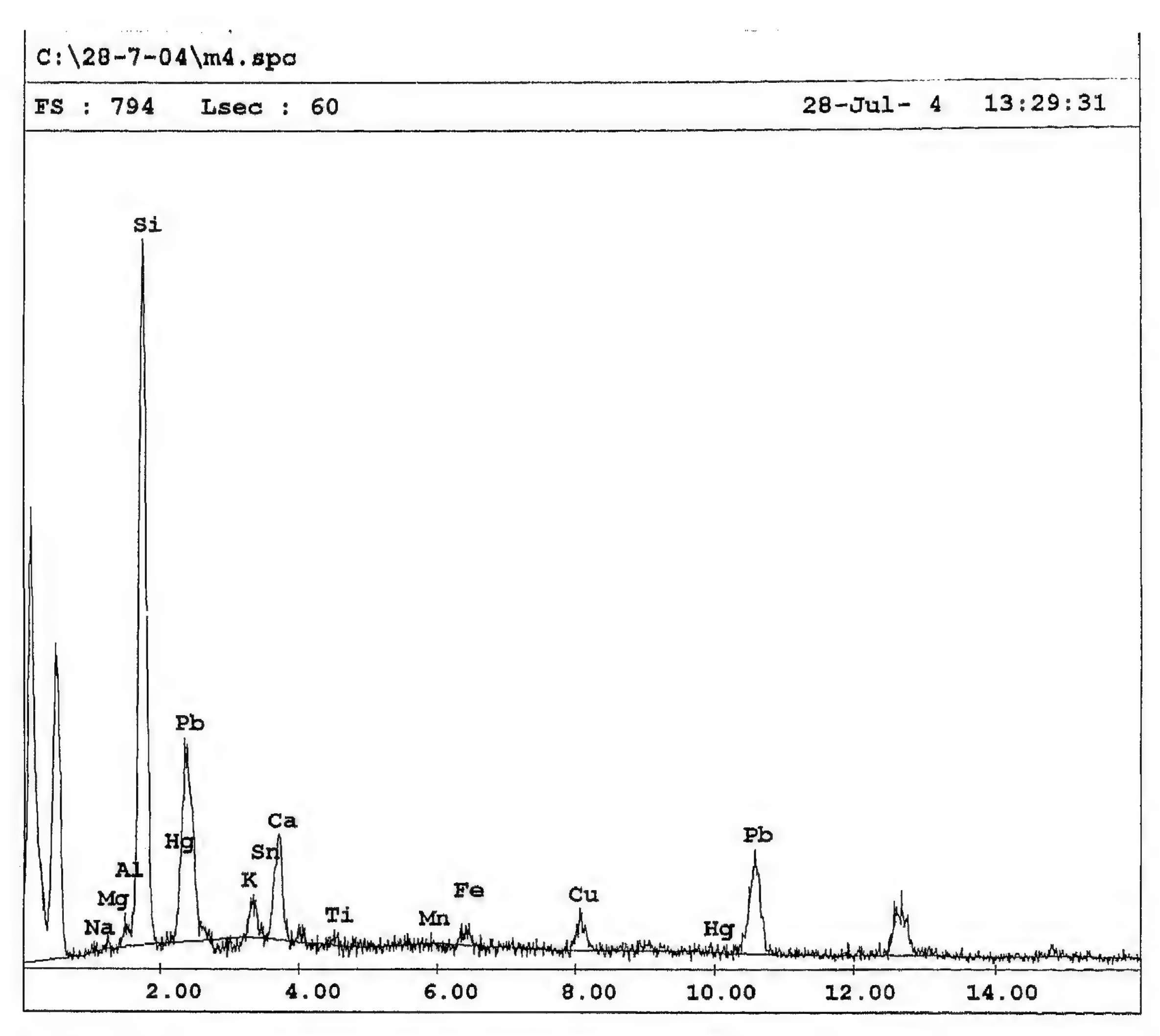
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	5.88	9.32	1.0202	0.2426	1.0051
MgK	2.13	3.20	1.0468	0.2922	1.0094
AlK	6.00	8.10	1.0170	0.3835	1.0150
SiK	41.75	54.15	1.0475	0.4506	1.0018
K K	2.82	2.63	1.0104	0.5957	1.0148
SnL	1.29	0.40	0.8235	0.7942	1.0024
CaK	11.96	10.87	1.0332	0.6559	1.0042
TiK	0.90	0.68	0.9432	0.7229	1.0077
MnK	0.39	0.26	0.9274	0.8676	1.0143
FeK	5.29	3.45	0.9469	0.8992	1.0210
CuK	7.89	4.53	0.9224	0.9458	1.0189
HgL	0.00	0.00	0.7627	1.0339	1.0000
PbL	13.67	2.40	0.7506	1.0358	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥١) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج أخري من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف



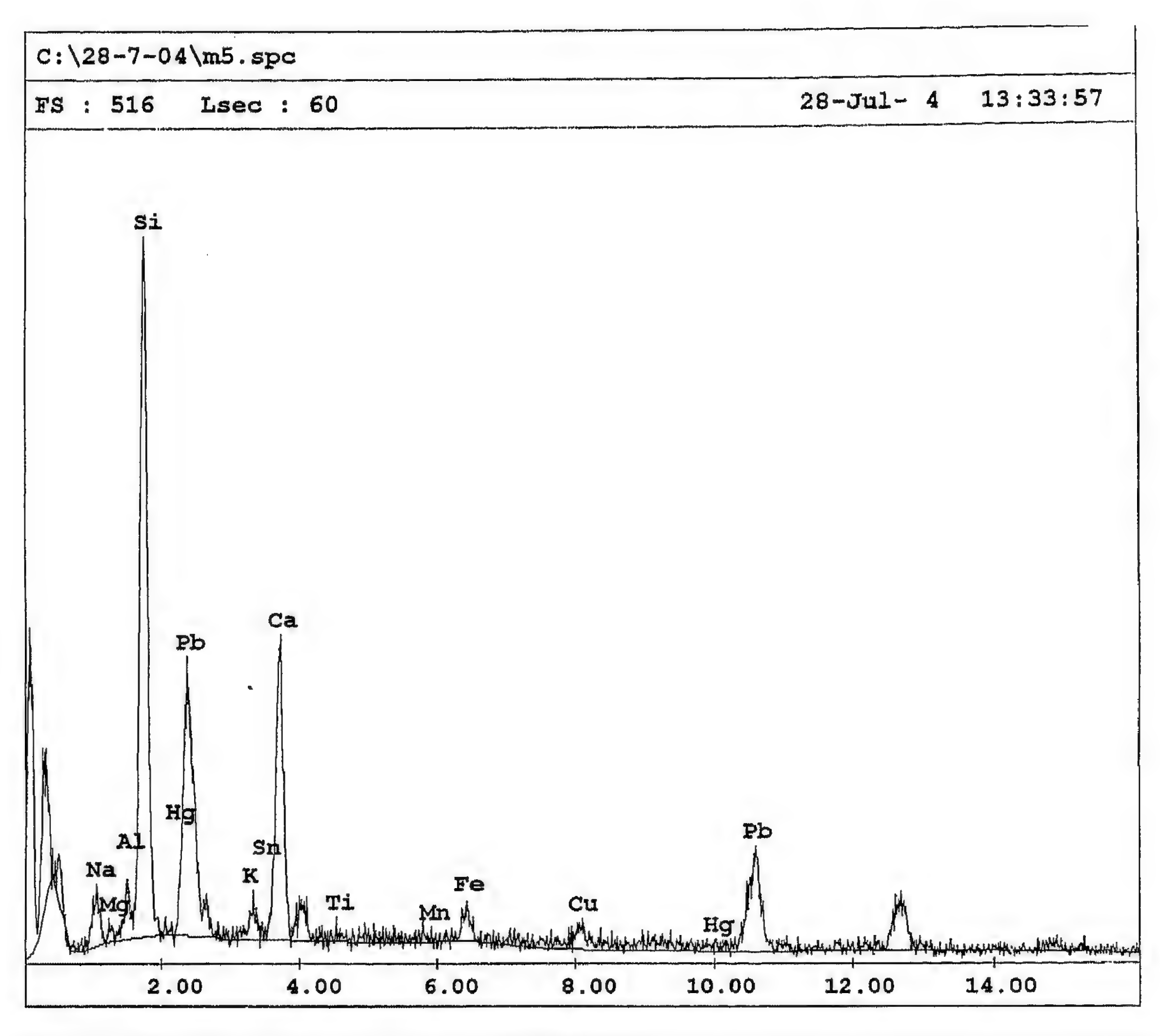
Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.70	9.21	1.0562	0.2400	1.0041
MgK	1.33	2.46	1.0836	0.2939	1.0077
AlK	2.68	4.47	1.0525	0.3835	1.0132
SiK	37.14	59.60	1.0840	0.4727	1.0014
K K	5.20	6.00	1.0618	0.4993	1.0042
SnL	5.34	2.03	0.8646	0.6736	1.0007
CaK	4.50	5.06	1.0847	0.5477	1.0011
TiK	0.36	0.34	0.9844	0.6448	1.0020
MnK	0.24	0.19	0.9647	0.8142	1.0125
FeK	1.52	1.23	0.9854	0.8534	1.0185
CuK	2.71	1.92	0.9634	0.9270	1.0432
HgL	2.34	0.53	0.8032	1.0309	1.0000
PbL	31.95	6.95	0.7918	1.0331	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٢) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج أخري من القطعة رقم (٤) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	0.43	1.02	1.0791	0.2222	1.0034
MgK	0.22	0.49	1.1070	0.2911	1.0067
AlK	1.20	2.42	1.0752	0.3840	1.0119
SiK	34.38	66.41	1.1072	0.4824	1.0008
K K	2.38	3.30	1.0962	0.4445	1.0049
SnL	0.84	0.38	0.8922	0.6037	1.0005
CaK	6.40	8.66	1.1192	0.5016	1.0010
TiK	0.45	0.51	1.0116	0.6149	1.0017
MnK	0.00	0.00	0.9888	0.7913	1.0155
FeK	1.26	1.22	1.0104	0.8333	1.0228
CuK	3.12	2.67	0.9904	0.9154	1.0553
HgL	0.00	0.00	0.8302	1.0232	1.0000
PbL	49.31	12.91	0.8194	1.0265	1.0000
Total	100.00	100.00			

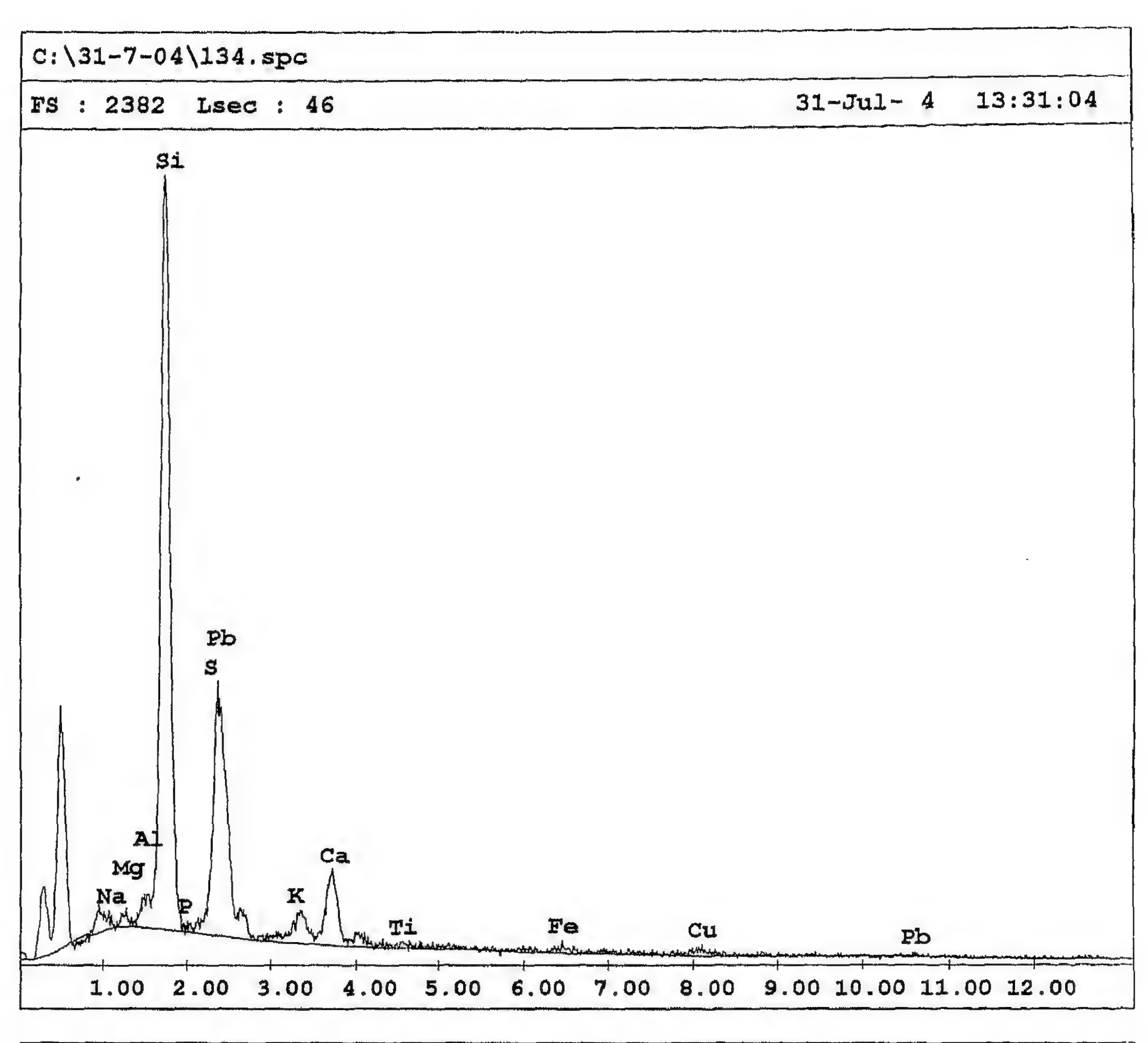
شكل رقم (٥٣) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من القطعة رقم (٦) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.63	10.17	1.0694	0.2256	1.0030
MgK	0.78	1.62	1.0972	0.2781	1.0057
AlK	2.17	4.05	1.0656	0.3669	1.0097
SiK	28.29	50.88	1.0974	0.4583	1.0012
K K	1.44	1.86	1.0820	0.4722	1.0100
SnL	0.78	0.33	0.8808	0.6392	1.0008
CaK	12.70	16.00	1.1049	0.5331	1.0012
TiK	0.39	0.41	1.0003	0.6216	1.0021
MnK	0.34	0.31	0.9787	0.7966	1.0139
FeK	1.96	1.77	0.9999	0.8380	1.0204
CuK	2.21	1.76	0.9792	0.9164	1.0516
HgL	2.85	0.72	0.8191	1.0253	1.0000
PbL	41.47	10.11	0.8080	1.0283	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٤) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

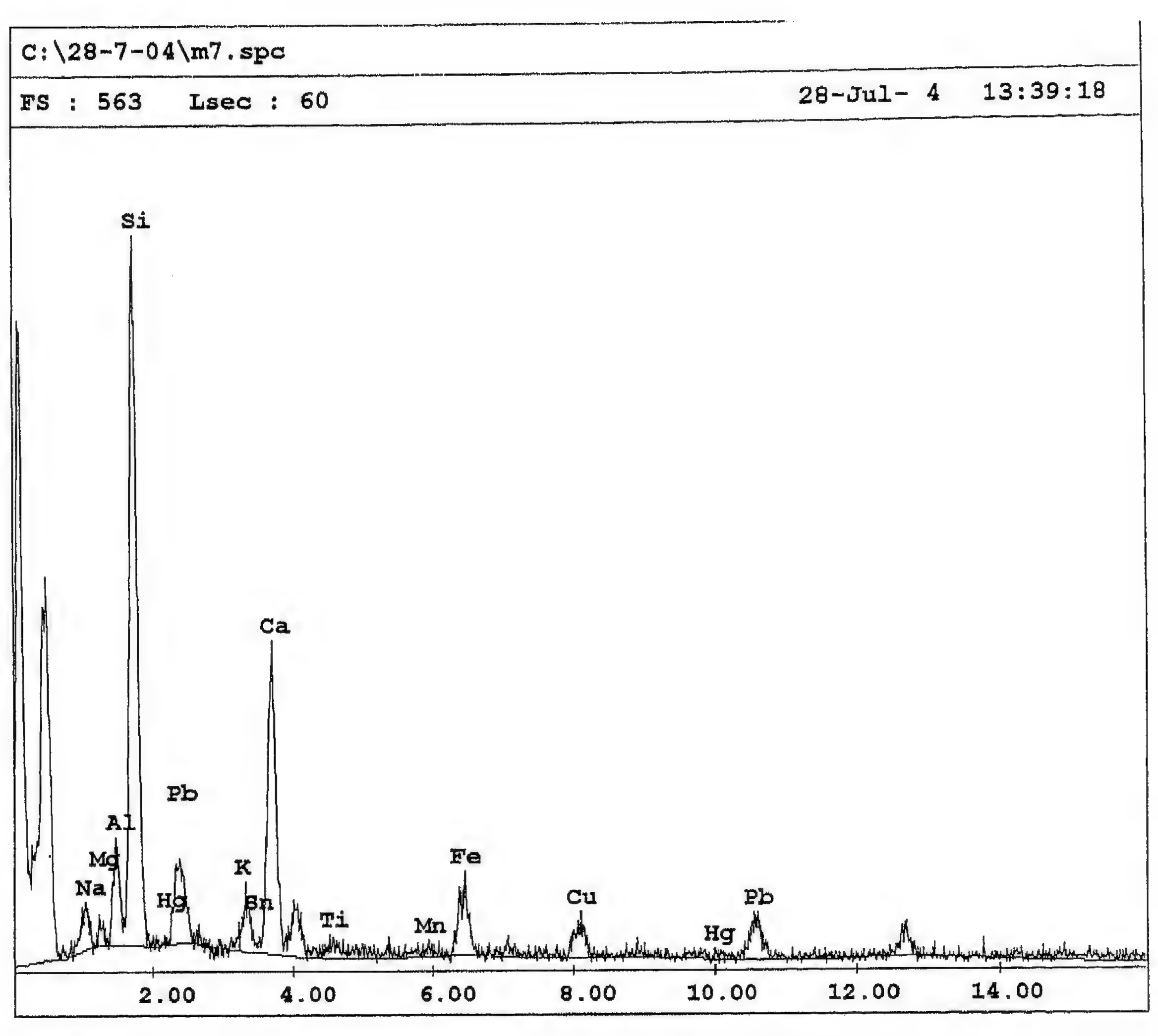
القطعة رقم (٧) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	0.96	2.13	1.1086	0.4451	1.0027
MgK	0.70	1.46	1.1344	0.5591	1.0053
AlK	1.55	2.93	1.1181	0.6692	1.0097
SiK	35.17	64.01	1.1732	0.7546	1.0006
P K	0.41	0.67	1.1243	0.6581	1.0008
S K	0.00	0.00	1.1403	0.7435	1.0015
K K	2.81	3.67	1.0849	0.7652	1.0039
CaK	6.57	8.38	1.1117	0.8036	1.0007
TiK	0.54	0.57	1.0209	0.8682	1.0012
FeK	1.75	1.60	1.0315	0.9553	1.0051
CuK	4.21	3.39	1.0081	0.9807	1.0070
PbL	45.35	11.19	0.7119	1.0035	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٥) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

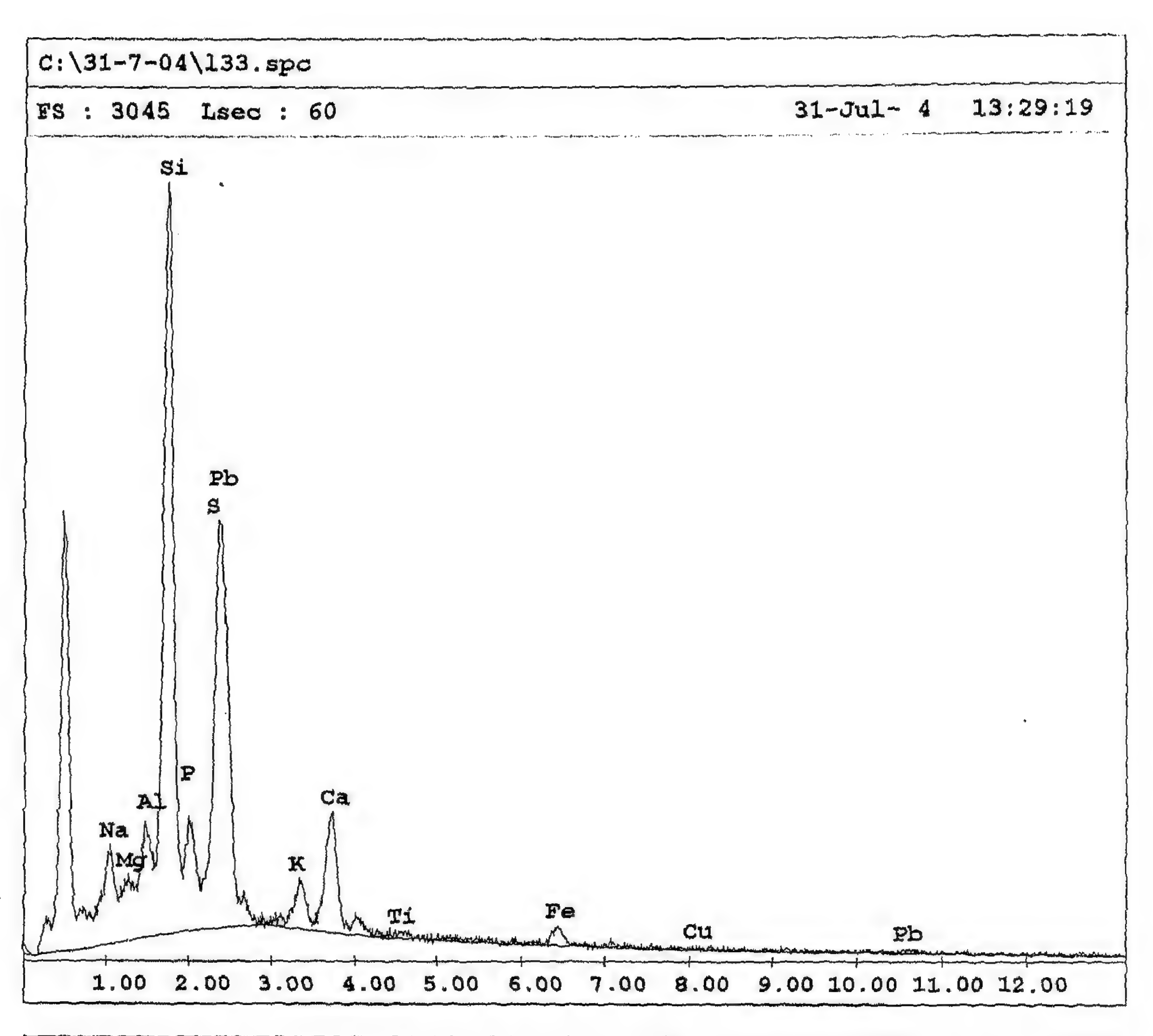
القطعة رقم (١٠) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	4.22	7.55	1.0372	0.2341	1.0043
MgK	1.61	2.73	1.0642	0.2935	1.0079
AlK	5.41	8.26	1.0337	0.3856	1.0125
SiK	34.63	50.74	1.0646	0.4553	1.0019
K K	2.58	2.72	1.0352	0.5500	1.0151
SnL	1.40	0.49	0.8433	0.7373	1.0022
CaK	14.57	14.96	1.0580	0.6093	1.0032
TiK	1.03	0.89	0.9629	0.6748	1.0054
MnK	0.62	0.47	0.9452	0.8339	1.0116
FeK	5.13	3.78	0.9652	0.8704	1.0170
CuK	3.75	2.43	0.9420	0.9290	1.0322
HgL	2.39	0.49	0.7822	1.0307	1.0000
PbL	22.64	4.50	0.7705	1.0330	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٦) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

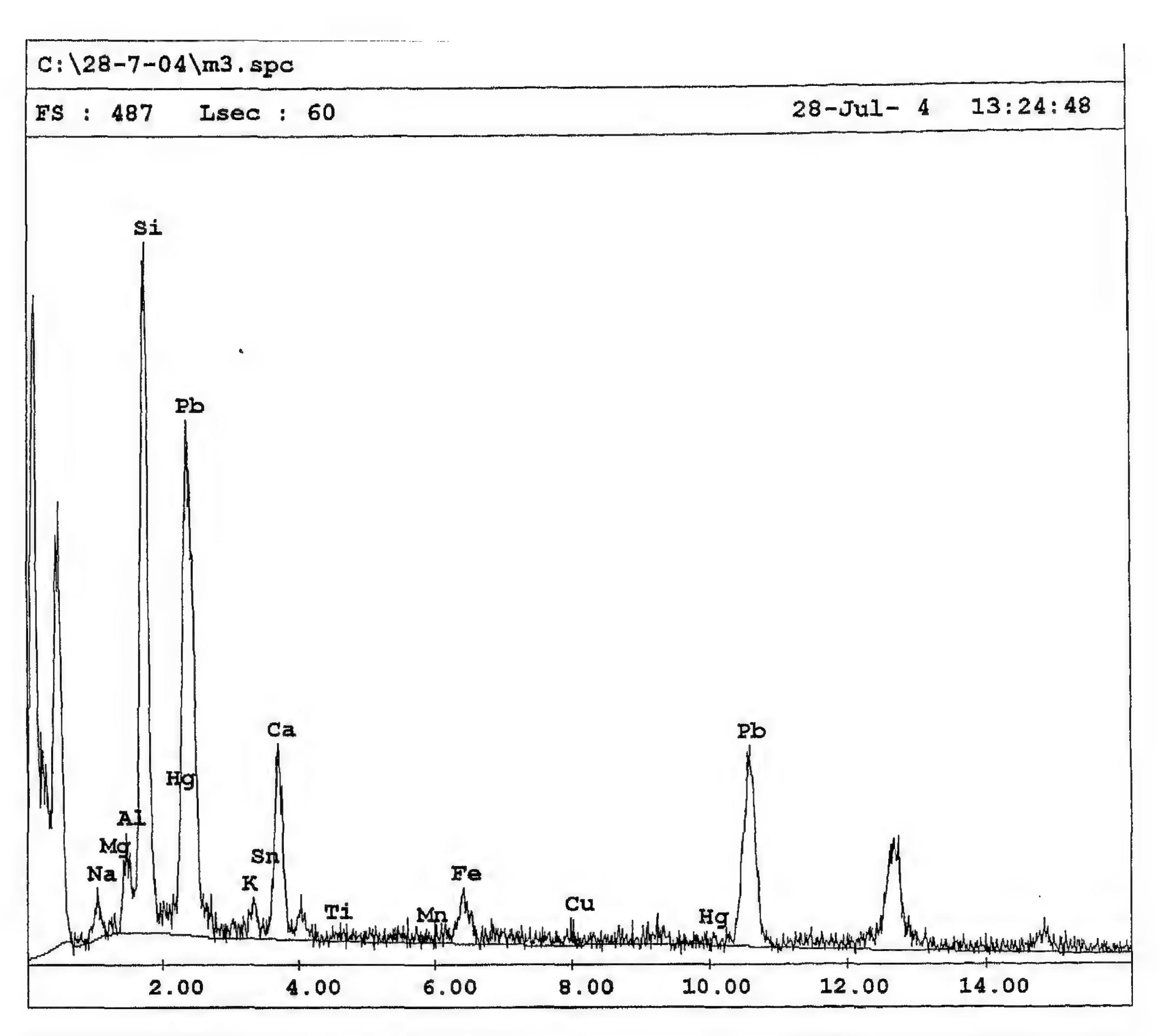
القطعة رقم (١١) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	3.56	8.94	1.1412	0.4342	1.0019
MgK	2.04	4.84	1.1675	0.5340	1.0034
AlK	3.04	6.51	1.1548	0.6361	1.0056
SiK	19.10	39.28	1.2173	0.7170	1.0018
P K	3.56	6.64	1.1649	0.7026	1.0013
S K	1.80	3.25	1.1787	0.7670	1.0012
K K	2.12	3.13	1.1195	0.7421	1.0032
CaK	5.84	8.41	1.1479	0.7835	1.0005
TiK	0.34	0.41	1.0562	0.8540	1.0009
FeK	2.50	2.59	1.0719	0.9491	1.0024
CuK	0.60	0.55	1.0515	0.9771	1.0080
PbL	55.51	15.47	0.7491	1.0032	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٧) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

القطعة رقم (١٧) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	2.58	7.10	1.1064	0.2106	1.0022
MgK	0.71	1.85	1.1350	0.2671	1.0042
AlK	3.12	7.34	1.1022	0.3492	1.0067
SiK	21.33	48.13	1.1349	0.4284	1.0007
K K	1.29	2.09	1.1337	0.4194	1.0049
SnL	0.92	0.49	0.9223	0.5714	1.0007
CaK	6.78	10.73	1.1568	0.4773	1.0009
TiK	0.33	0.43	1.0421	0.5893	1.0016
MnK	0.30	0.35	1.0165	0.7715	1.0150
FeK	2.29	2.60	1.0389	0.8159	1.0220
CuK	0.61	0.61	1.0205	0.9018	1.0630
HgL	1.40	0.44	0.8594	1.0186	1.0000
PbL	58.35	17.85	0.8489	1.0225	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٨) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

القطعة رقم (١٩) من مجموعة المتحف

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٢٠)

تتميز هذه القطعة باللون الأخضر ويوضح الشكل رقم (٥٩) نتائج التحليل حيث نلاحظ البريق واللمعان الذى يتميز به التزجيج المرتفع فى نسبة الرصاص ونلاحظ أيضا إرتفاع نسبة النحاس الذى يعزى اليه اللون الأخضر .

- عينة تزجيج من القطعة رقم (٢٣) من مجوعة المتحف

تتميز هذه القطعة باللون الأرجوانى ، ويوضح الشكل رقم (٦٠) نتائج التحليل حيث نلاحظ انخفاض نسبة الرصاص ويرجع اللون الأرجواني إلى وجود أكسيد المنجنيز فى الجو المؤكسد ويؤدي النحاس الموجود إلى إعطاء عمق أكبر للون .

ثالثا : استخدام الميكروسكوب الإلكترونى الماسح فى دراسة مواد الترميم

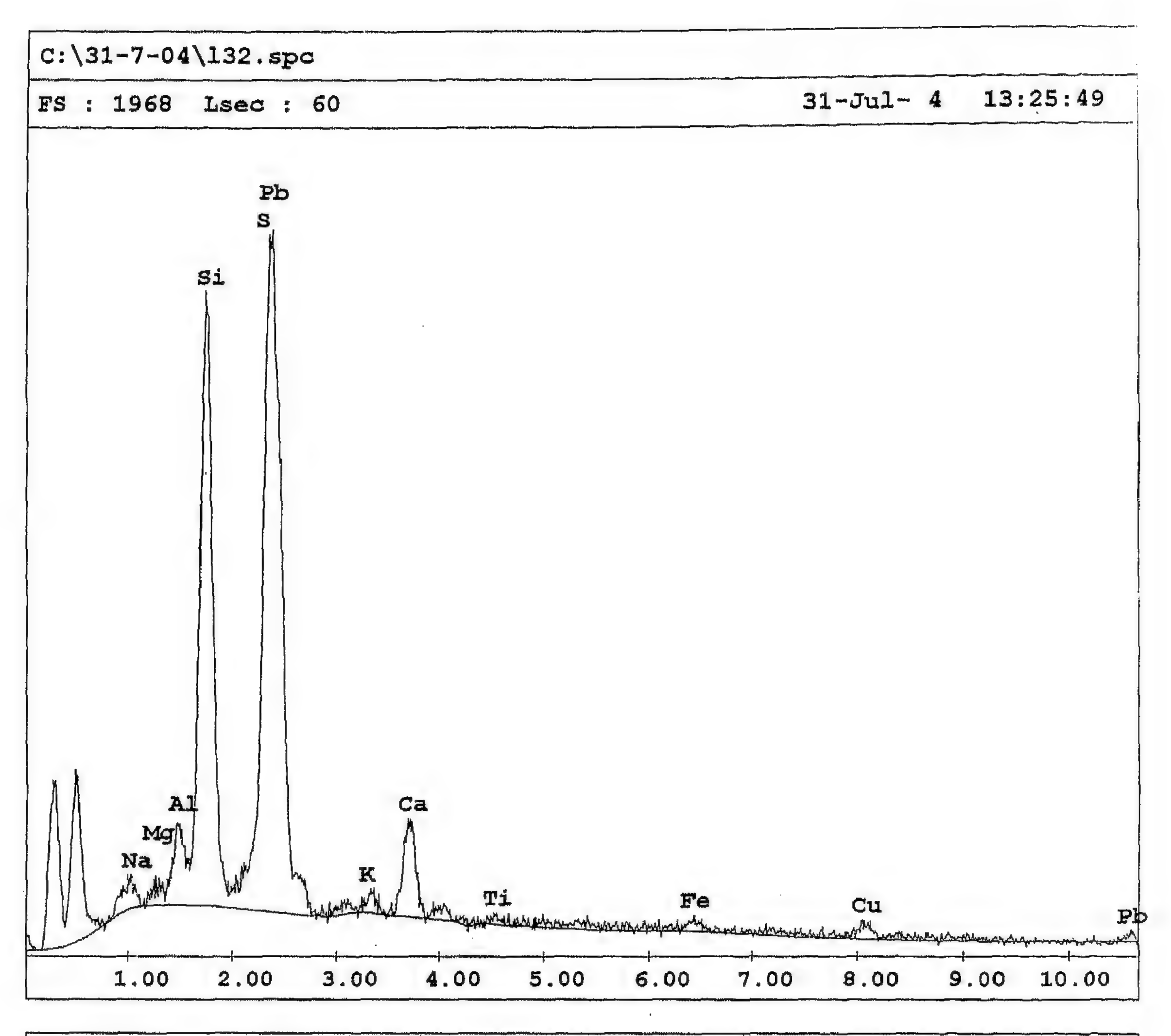
مما لاشك فيه أن الميكروسكوب الإلكترونى الماسح يلعب دورا هاما فى دراسة مواد الترميم سواء التنظيف أو مواد تقوية لما يتميز من قوة تكبير عالية تساعد فى الحكم على فعالية مواد الترميم .

أ – دراسة مواد التنظيف :

استخدم الميكروسكوب الإلكترونى الماسح فى دراسة تأثير التنظيف بإستخدام محلول الكالجون Calgon بتركيز٣% . وتمت الدراسة على بعض العينات التى تم تنظيف أجزاء منها بإستخدم المحلول وقد اجريت الدراسة على بعض عينات الفسطاط وفيما يلى أهم النتائج :-

العينة الأولى : هذه العينة ذات لون أحمر وإستخدام محلول الكالجون على سطح نظيف . "حديث الكسر" وقد تم إستخدام المحلول بتركيز ٣% لمدة ١٠ دقائق ثم لمدة ٢٠ دقيقة . وكانت النتيجة من خلال الملاحظة بالعين المجردة أن التغير فى لون السطح لا يكاد يذكر وذلك بالمقارنة بالجزء الذى لم يعرض للتنظيف .

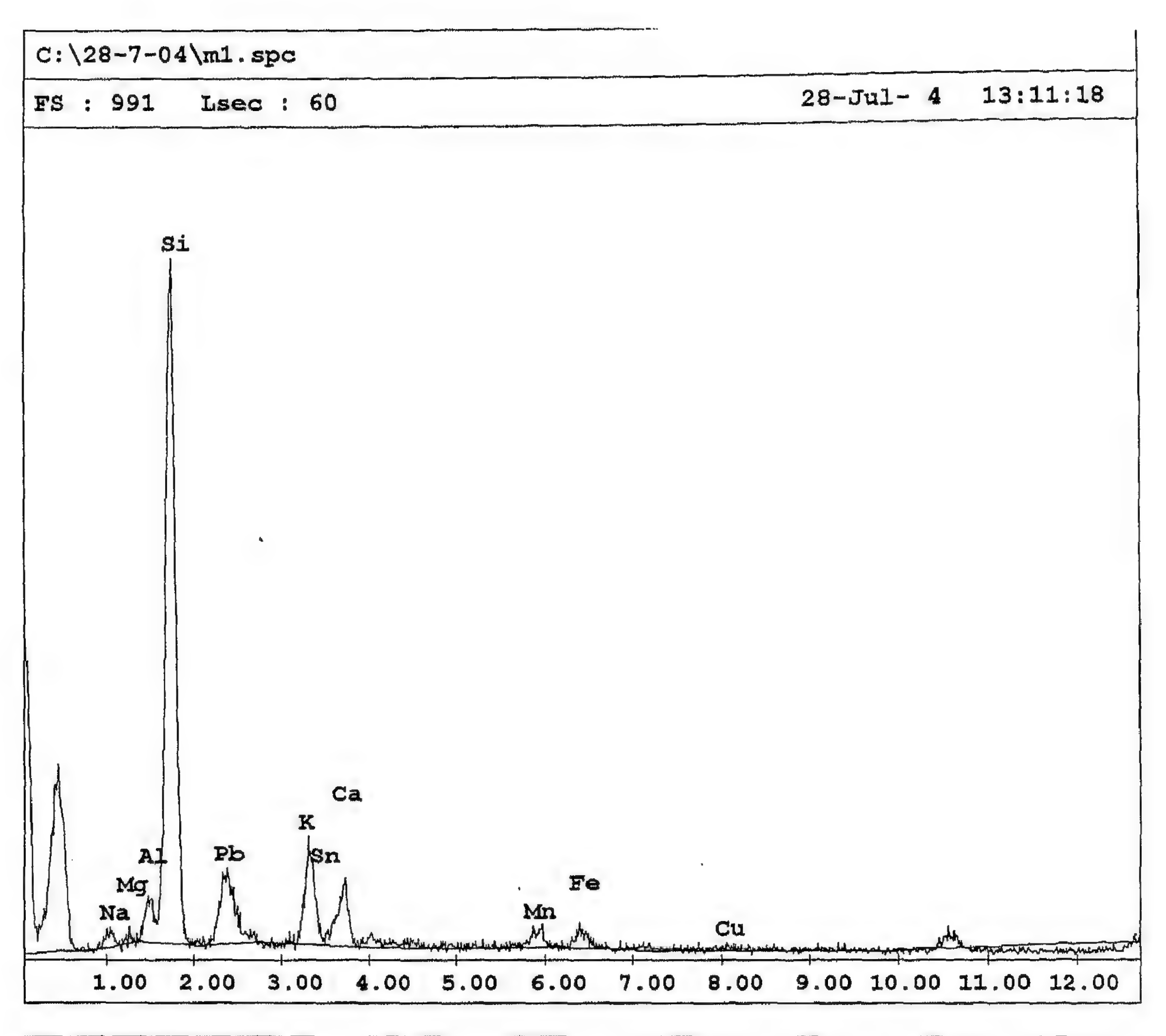
ويتفق ما سبق مع نتائج الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى حيث أن الصورة رقم (٥٢) تمثل الشكل الأصلى للبدن قبل التعرض للتنظيف ، بينما توضح الصورة رقم (٥٣) البدن الأحمر بعد التعرض للتنظيف بالكالجون لمدة ١٠ دقائق ، أما الصورة رقم (٥٤) فتوضح البدن الأحمر بعد تعرضه للتنظيف بالكالجون لمدة ٢٠ دقيقة . ومن خلال المقارنة بالعين المجردة والمقارنة بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح نجد أن محلول الكالجون مع البدن الأحمر لا يؤدى إلى ازالة



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	1.04	3.48	1.1966	0.3812	1.0012
MgK	0.59	1.86	1.2239	0.4873	1.0023
AlK	2.15	6.12	1.2173	0.5985	1.0037
SiK	15.60	42.65	1.2926	0.6881	1.0005
S K	0.85	2.04	1.2442	0.7753	1.0008
K K	0.82	1.60	1.1783	0.7124	1.0025
CaK	4.76	9.12	1.2094	0.7583	1.0005
TiK	0.50	0.81	1.1159	0.8363	1.0009
FeK	1.34	1.84	1.1396	0.9408	1.0051
CuK	4.36	5.27	1.1242	0.9734	1.0088
PbL	68.00	25.21	0.8114	1.0020	1.0000
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٥٩) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

القطعة رقم (٢٠) من مجموعة المتحف



Element	Wt %	At %	Z	A	F
NaK	2.47	4.14	1.0276	0.2721	1.0062
MgK	0.68	1.07	1.0543	0.3517	1.0120
AlK	3.59	5.13	1.0242	0.4625	1.0207
SiK	49.45	67.82	1.0549	0.5452	1.0017
PbM	22.77	4.23	0.8284	0.7460	1.0005
K K	8.74	8.61	1.0229	0.5408	1.0052
SnL	2.01	0.65	0.8334	0.7258	1.0014
CaK	4.79	4.60	1.0456	0.5738	1.0018
MnK	2.20	1.55	0.9356	0.8444	1.0083
FeK	2.31	1.60	0.9553	0.8795	1.0123
CuK	0.99	0.60	0.9319	0.9375	1.0317
Total	100.00	100.00			

شكل رقم (٦٠) يوضح نتائج التحليل بطريقة EDX لعينة تزجيج من

القطعة رقم (٢٣) من مجموعة المتحف

مكـــونات من البدن أو عمل أى تغير يذكر فى طبيعة النسيج ، لذلك يمكن إستخدامه دون أن يؤثر على البدن .

العينة الثانية : أما هذه العينة فكانت من بدن مسامى وتم تنظيف جزء منها بالكالجون . ومن خلال الفحـــص بالعـــين المجردة وجد إختلاف فى شكل السطح حيث تم إزالة الإتساخات المتعلقة بالسطح . ويظهر ذلك من الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح حيث توضح الصورة رقـــم (٥٥) السطح قبل التنظيف بينما توضح الصورة رقم (٥٦) شكل السطح بعد التنظيف وقـــد تمكـــن محلول الكالجون من إزالة العوالق دون أن يؤثر على النسيج الداخلي ، ويظهر ذلك بوضوح من خلال المقارنة بين الصورتين السابقتين .

العينة الثالثة : كانت هذه العينة من بدن مرتفع المسامية ذو سطح نظيف "حديث الكسر" وبإستخدام الكالجـــون فى التنظيف على هذه العينة لم نلاحظ إختلاف بين الجزء الذى تم تنظيفه والجزء الـــذى لم يتم تنظيفه ، ويظهر ذلك أيضا فى الصورة رقم (٥٧) التى توضح الشكل الأصلى للبدن قبل التنظيف بالكالجون وذلك عند مقارنتها بالصورة رقم (٥٨) التى توضح شكل البدن بعد التنظيف .

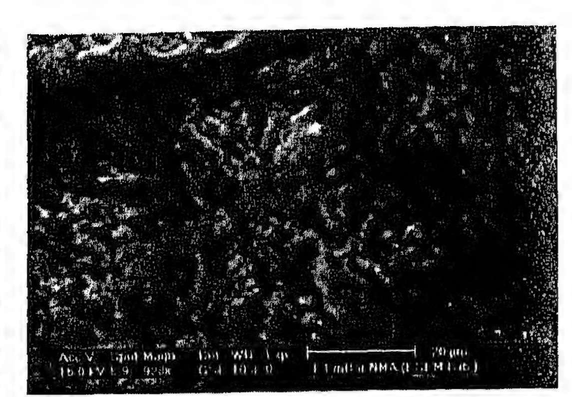
العيـــنة الرابعة: وهى العينة الأخيرة من بدن منخفض المسامية ومن خلال الفحص بالعين المجردة وجـــد أن هناك إختلاف فى لون السطح وذلك حسب المدة التى استمرت فيها الكمادة ،حيث نجـــد أن الصوره رقم(٥٩) توضح شكل البدن قبل التنظيف اما الصورة رقم (٦٠) فتوضح الإزالـــة الجزئية للإتساخات حيث أن الكمادة استمرت لمدة١٠ دقائق أما الصورة رقم (٦١) فتوضح الإزالة الكاملة للإتساخات حيث استمرت الكمادة لمدة ٢٠دقيقة.

ممـــا سبق يتضح لنا أن إستخدام محلول الكالجون فى التنظيف بتركيز لا يزيد عن ٣% لا يؤثـــر على النسيج الداخلى للبدن ولايؤدى إلى إزالة أى من مكونات البدن ، وهذا ما تظهره صور الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى للأسطح النظيفه، حيث كان لمحلول الكالجون القدرة على إزالة الإتساخات والعوالق دون أن تؤثر على النسيج .

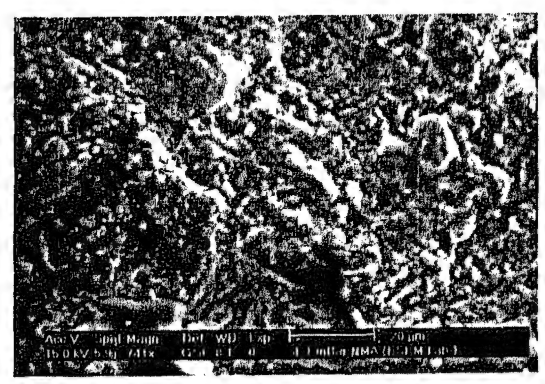
ب – دراسة مواد التقوية :

يلعـــب الميكروسكوب الإلكترونى الماسح دورا هاما فى الكشف عن فاعلية المواد المقوية والتأكد من قدرتها على ربط الحبيبات معا وكذلك التأكد من مدى تغلغلها داخل نسيج البدن .

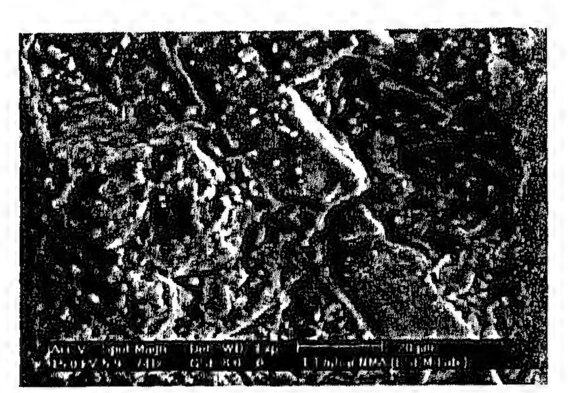
و قـــد اســـتخدمت بعض المواد الشائعة الاستخدام في تجارب التقويه، ومن اهمها البارالويد ب٧٢ بتركيزات ٣% ، ٥% و البولي فينيل بيوترال ،الاديكون(هو أحد مركبات الأكريليك وهو عبارة من Methyl Methyl Metha acrylate وقد تم تخفيفه بنسبة ١:١ مع الزايلين) بالاضافه الي



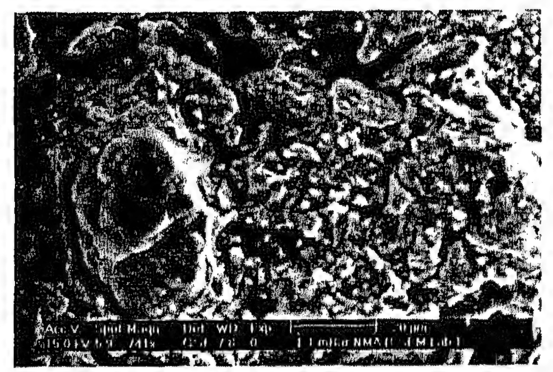
صورة رقم (٥١) توضح حالة الضعف التي
تظهر في النسيج الداخلي للقطعة رقم (٣)
من مجموعة المتحف ،التكبير ٩٢٨ X



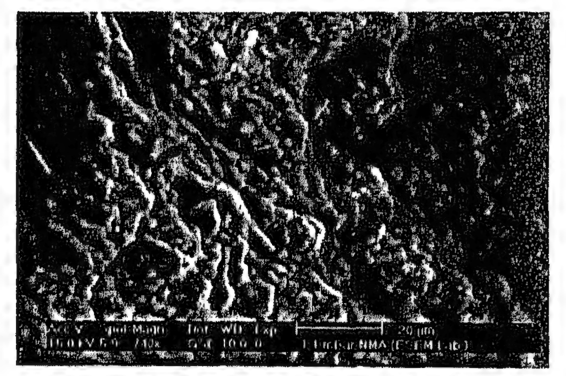
صورة رقم (٥٢) توضح النسيج الداخلي للعينة
قبل التنظيف بمحلول الكالجون
التكبير ٧٤١ X



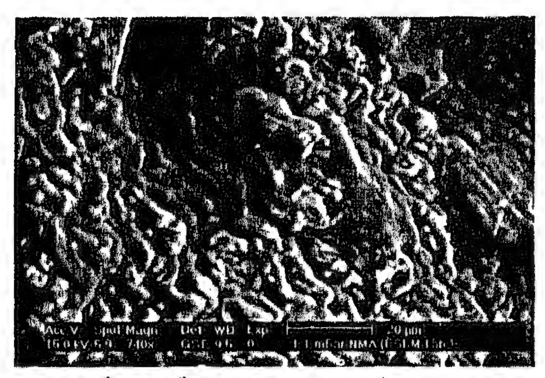
صورة رقم (٥٣) توضح العينة السابقة بعد
التنظيف بالكالجون لمدة ١٠ دقائق،
التكبير X٧٤١



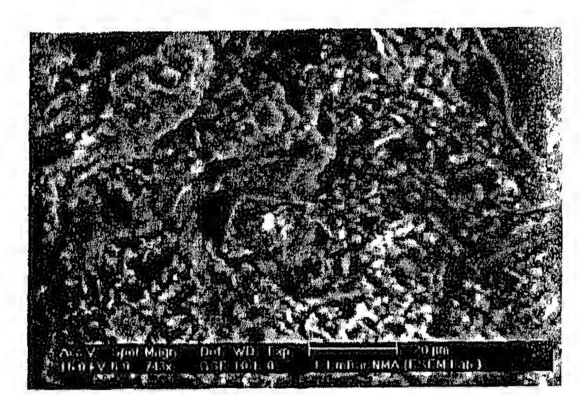
صورة رقم (٥٤) توضح نفس العينة السابقة
بعد التنظيف بالكالجون لمدة ٢٠ دقيقة،
التكبير X٧٤١



صورة رقم (٥٥) توضح شكل البدن المسامي
قبل التنظيف بمحلول الكالجون ،
التكبير X٧٤٠



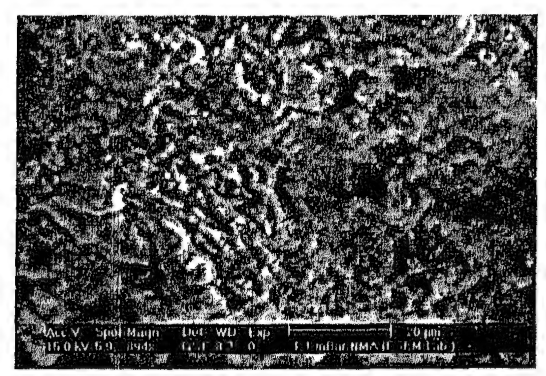
صورة رقم (٥٦) توضح العينة السابقة
بعد التنظيف بمحلول الكالجون
التكبير X٧٤٠



صورة رقم (٥٧) توضح بدن مرتفع المسامية

قبل التنظيف بمحلول الكالجون

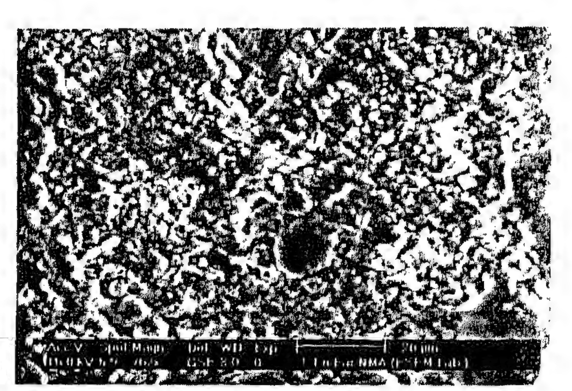
التكبير٧٤٣X



صورة رقم (٥٨) توضح شكل البدن مرتفع

المسامية بعد التنظيف بالكالجون

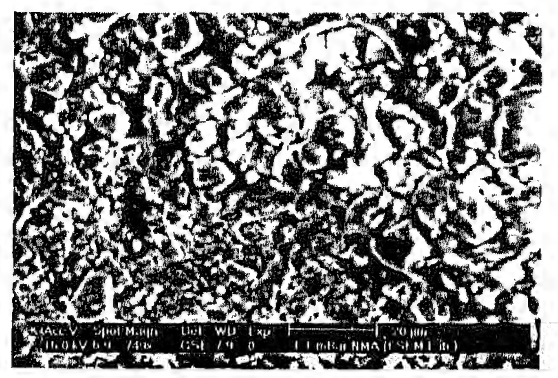
التكبير ٨٩٤X



صورة رقم (٥٩) توضح شكل البدن منخفض

المسامية قبل التنظيف بالكالجون،

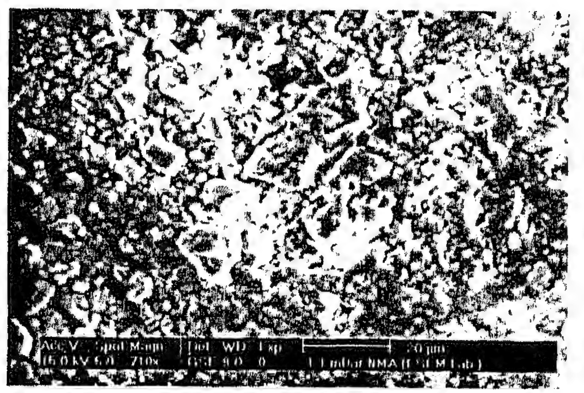
التكبير ٧٦٢ X



صورة رقم (٦٠) توضح شكل البدن منخفض

المسامية بعد التنظيف بالكالجون لمدة

١٠دقائق ، التكبير ٧٤٩X



صورة رقم (٦١) توضح شكل البدن منخفض المسامية

بعد التنظيف بالكالجون لمدة ٢٠ دقيقة ،

التكبير ٧١٠X

سـليكات الاثيل(تتركب من تترا إيثوكس سيلان Tetra Ethoxy $Si(OC_2H_5)_4$ silane ويتميز لـون المحلـول بالشفافية ويستخدم مع الكحول الإيثيلى)،وقد استخدم خليط من الزايلين والاسيتون بنسبة ٣:١ علي الترتيب.

- وقـد تم دراسة وفحص بعض الكسرالخزفيه من عينات الفسطاط قبل وبعد التقويه وتوضح الصورة رقم (٦٢) شكل البدن منخفض المسامية وذلك قبل القيام بعملية التقوية.بينما توضح الصــورة رقــم (٦٣) شكل عينة بدن مرتفع المسامية وذلك قبل القيام بعملية التقوية ، هذه العينة من الفسطاط .

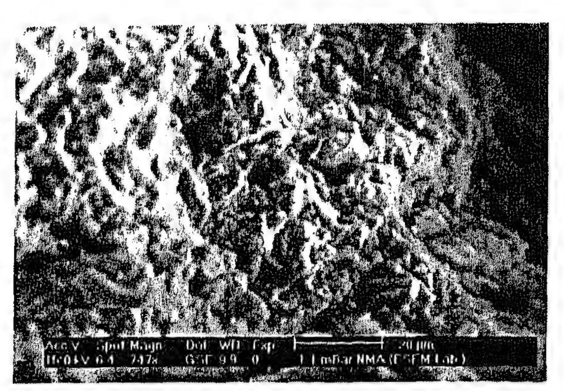
وتوضح الصورة رقم (٦٤) شكل البدن منخفض المسامية بعد التقوية بمحلول البارالويد ب٧٢ بتركيز ٥% ، حيث يظهر التغطية والتغلغل الذى حدث .اما الصوره رقم (٦٥) فتوضح شكل عينه لبدن مسامى بعد التقوية باستخدام محلول البارالويد ٧٢ بتركيز ٥% حيث يظهر تغليف المحلول للحبيبات المكونة للبدن .

وتظهر الصورة رقم (٦٦)شكل البدن مرتفع المسامية بعد تقويته بمحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣% ثم يتبع ذلك التقوية بتركيز ٥% ويظهر من الصورة تغليف محلول البارالويد ب ٧٢ لحبيبات البدن . اما الصورة رقم (٦٧) فتوضح عينه لبدن متوسط المسامية بعد تقويته بـــ ٣% ثم ٥% من محلول البارالويد ب ٧٢ .

و تبـين الصــورة رقـم (٦٨) شكل انتشار محلول البارالويد ب ٧٢وتغليفه وذلك لعينة منخفضـة المسـامية تم تقويتها بمحلول ٣% ثم محلول ٥% ، بينما الصورة رقم(٦٩) توضح شـكل الفحـص بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح لأحد عينات الفسطاط بعد تقويتها بمحلول الـبارالويد ب ٧٢ بتركيـز ٣% ثـم تركيـز ٥% . وبالنسبة للتقوية باستخدام الأديكون فان الصوره رقم(٧٠) لعينة من بدن مرتفع المسامية ويظهر الانتشار الجيد لمحلول الأديكون داخل النسـيج. بيـنما الصـورة رقم(٧١) توضح عينة منخفضة المسامية بعد تقويتها بمحلول من الأديكون مع الزايلين بنسبة ١:١ .

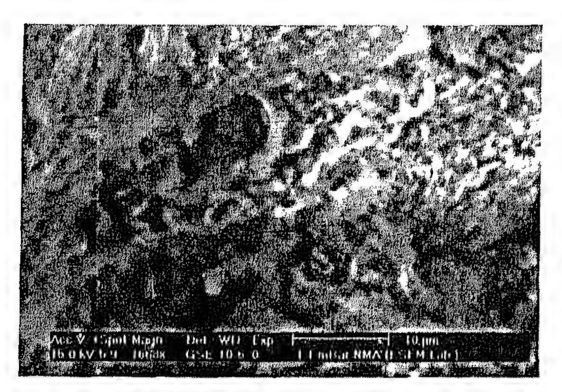
وبالنسـبة للـتقوية باستخدام سيليكات الاثيل فان الصوره رقم (٧٢) توضح عينه لبدن مرتفع المسـامية بعـد تقويته بالإيثيل سيليكات . حيث يظهر الربط الذى قامت به مادة التقوية .وتوضح الصـورة رقـم (٧٣) الشكل الشبكي الذى تكونه مادة الإيثيل سيليكات داخل نسيج البدن منخفض المسامية.

وبالنسبة للتقوية بالبولى فينيل بيوترال فان الصورة رقم(٧٤) توضح شكل عينه لبدن مرتفع المسامية تم تقويته بمحلول ٥% من البولى فينيل بيوترال . ويظهر فى هذه الصورة



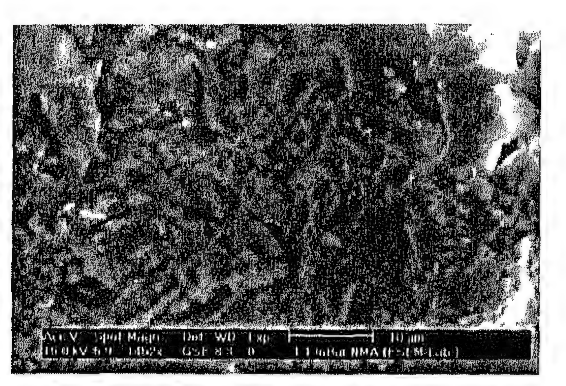
صورة رقم (٦٢) توضح بدن منخفض المسامية

قبل التقوية ، التكبير ٧٤٧X



صورة رقم (٦٣) توضح بدن مرتفع المسامية

قبل التقوية ، التكبير ١٦٦٨X



صورة رقم (٦٤) توضح البدن منخفض المسامية

بعد تقويته بالبارالويد ب٧٢ بتركيز ٥%

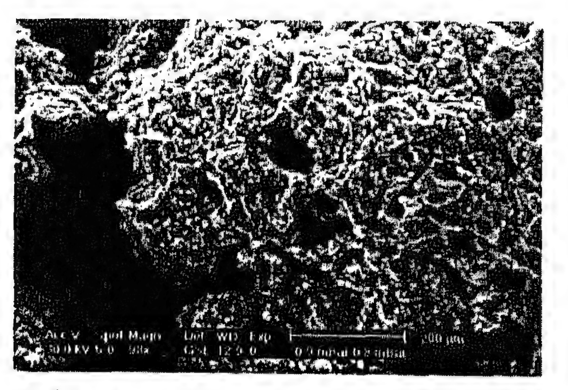
التكبير ١٤٥٢ X



صورة رقم (٦٥) توضح البدن المسامي بعد

بعد تقويته بالبارالويد ب٧٢ بتركيز ٥%

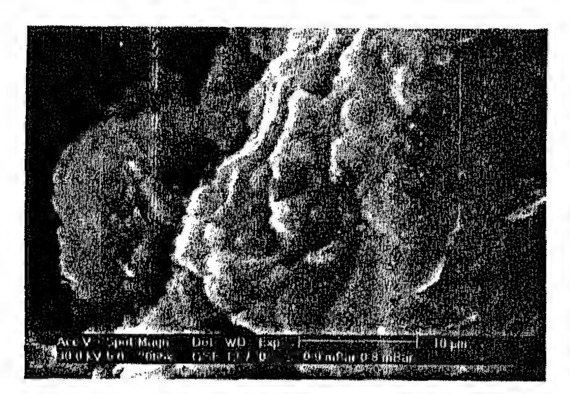
التكبير ١٥٧٦ X



صورة رقم(٦٦) توضح البدن مرتفع المسامية

بعد تقويته بـــ٣% ثم ٥% من محلول

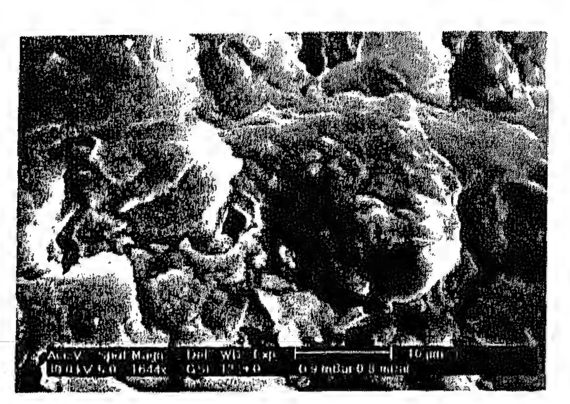
البارالويد ب٧٢ ،التكبير ٩٨ X



صورة رقم (٦٧) توضح البدن المسامي بعد

تقويته بـــ٣% ثم ٥% من محلول

البارالويد ب ٧٢ ، التكبير٢٠٦٥ X



صورة رقم (٦٨) توضح البدن منخفض المسامية

بعد تقويته بـــ ٣% ثم ٥% من محلول

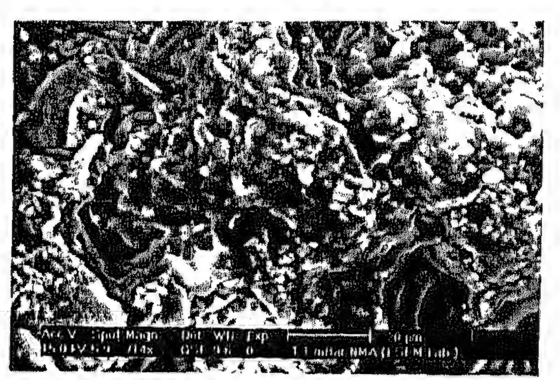
البارالويد ب٧٢ ، التكبير X١٦٤٤



صورة رقم (٦٩) توضح احد عينات الفسطاط

بعد تقويته بـــ ٣% ثم ٥% من محلول

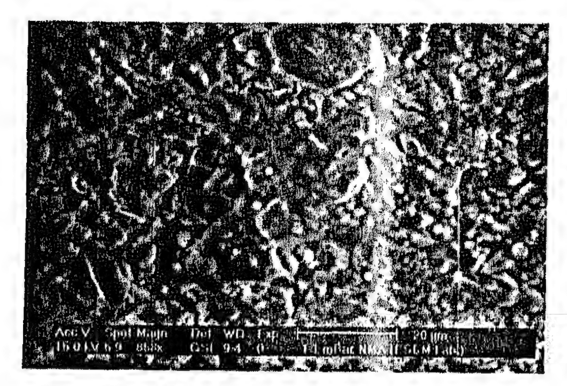
البارالويد ب٧٢ ، التكبير X٧٢٣



صورة رقم (٧٠) توضح البدن مرتفع المسامية

بعد تقويته بمحلول من الاديكون والزايلين

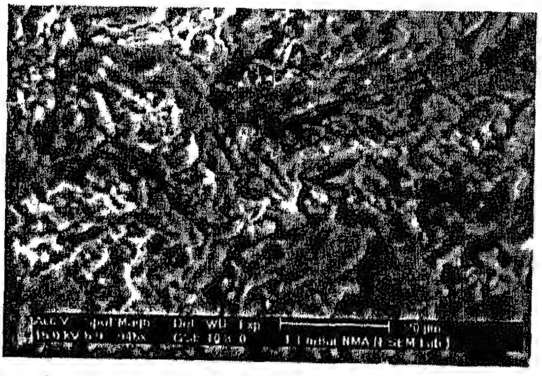
التكبير X٧١٤



صورة رقم (٧١) توضح بدن منخفض المسامية

بعد تقويته بمحلول الأديكون و الزايلين

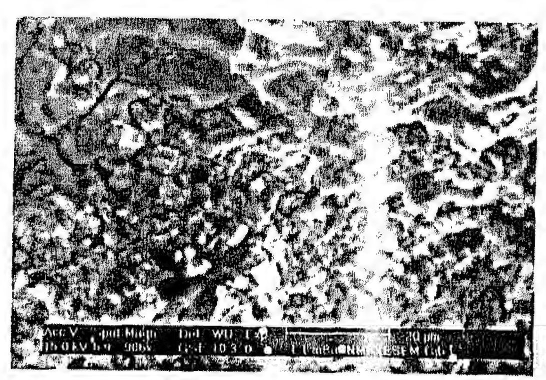
التكبير X٨٥٨



صورة رقم (٧٢) توضح البدن مرتفع المسامية

بعد تقويته بسليكات الإثيل ،

التكبير X٩٤٥



صورة رقم (٧٣) توضح بدن منخفض المسامية

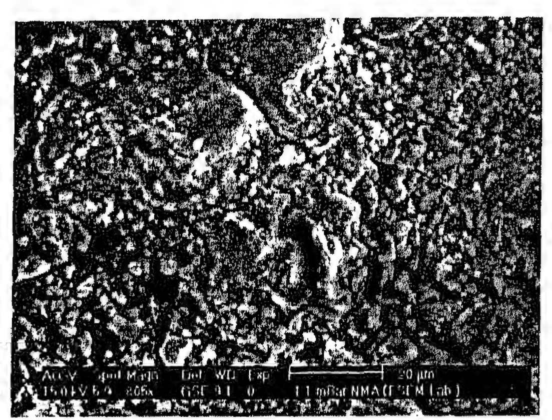
بعد تقويته بسليكات الإثيل ،

التكبير X٩٠٦

الانتشار غير الجيد . وتوضح الصورة رقم (٧٥) الفحص لعينة من البدن منخفض المسامية تم تقويته بمحلول ٥% من البولى فينيل بيوترال.

توضح الصورة رقم(٧٦) التقوية لعينة من بدن منخفض المسامية وذلك باستخدام محلول من البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ثم محلول بتركيز ٥% من البولى فينيل بيوترال . بينما توضح الصورة رقم (٧٧) التقوية لعينة من بدن مرتفع المسامية وذلك باستخدام محلول من البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% ثم محلول بتركيز ٥% من البولى فينيل بيوترال .

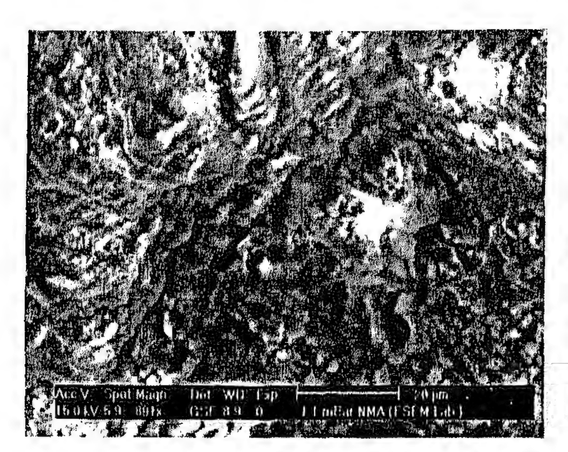
مما سبق يتضح أن أفضل المواد التى يمكن استخدامها فى تقوية أدوات الإضاءة الخزفية هى البارالويد ب ٧٢ أو مجموعة الأكريلات حيث يأتى بعده فى الترتيب محلول الأديكون ، ويلي ذلك مادة سليكات الإيثيل وأقل المواد فى قدرتها على التقوية هى مادة البولى فينيل بيو ترال .



صورة رقم (٧٤) توضح بدن مرتفع المسامية بعد

تقويته بمحلول البولي فينيل بيوترال ٥%،

التكبير X٨٠٥



صورة رقم (٧٥) توضح البدن منخفض المسامية

بعد تقويته بمحلول ٥% من البولي فينيل بيوترال

التكبير X ٨٩١



صورة رقم (٧٦) توضح بدن منخفض المسامية بعد

تقويته بمحلول ٥% من البارالويد ب٧٢ ثم ٥%

من البولي فينيل بيوترال ، التكبير X٧٠٢



صورة رقم (٧٧) توضح بدن منخفض المسامية بعد

تقويته بمحلول ٥% من البارالويد ب٧٢ ثم ٥%

من البولي فينيل بيوترال ، التكبير X٨١٣

الفصل السادس

الجانب التطبيقي علي مجموعة المسارج الخزفية المختارة

يحـــتوى المتحف الإسلامى بكلية الآثار بجامعة القاهرة على مجموعة من أدوات الإضاءة الخزفية التي تتميز بتنوع أشكالها والعصور التى تنتمى إليها بالإضافة إلى تعدد المشاكل التى تعانى منها .

وقـــد تـــم اختـــيار عدد ٢٤ قطعة حيث تميزت هذه القطع باختلاف أشكالها فمنها المســـارج اللـــوزية الشكل وذات البدن الكروى وأخرى على شكل صندوق وقطع أخرى أسطوانية الشكل .. ونجد بين هذه المجموعة بعض القطع التى تحتاج إلى التقوية المبدئية قـــبل عملية التنظيف و التى تمت لكل المجموعة المختارة وهناك قطع أخري تحتاج إلى إزالـــة الترميم القديم بالإضافة إلى القطع التى تحتاج إلى الاستكمال وفى أجزاء مختلفة منها .

وقـــد تم ترقيم القطع محل الدراسة بداية من رقم ١ حتي رقم ٢٤ بمعرفة الباحث نظـــراً لعـــدم وجود أرقام تسجيل لمعظم هذه القطع بالمتحف . وبعد ذلك تم تقسيم القطع محل الدراسة تبعاً لحاجتها للاستكمال إلي مجموعتين رئيسيتين هما:

- **المجموعة الأولى:** وتضم القطع أرقام (١-٣-٤-٦-١٢-١٣-٢٢-٢٣) وتحتاج هذه القطـــع فقـــط إلـــى عملـــيات تقوية مبدئية وتنظيف وإزالة الترميم القديم ولم يتم لها استكمال.
- **المجمـــوعة الثانـــية (تحتاج الي استكمال):** وتضم هذه المجموعة قطعاً تحتاج الي اســـتكمال أجـــزاء صغيرة منها مثل القطعتين (٩ ، ١١) هذا الي جانب القطع والتي تحمـــل أرقام (٢-٥-٧-٨-١٠-١٤-١٥-١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠-٢١-٢٤) وهذه القطع تم تنظيفها وتقويتها واستكمال معظم أجزائها .

وصف مسارج المجموعة الأولى :

تنوعت أشكال المسارج في هذه المجموعة فبعضها يتميز بالبدن الكروى مثل القطعة رقـــم (١) التـــى يوجد بها مشعل واحد ويلاحظ أن لون التزجيج يتفاوت من الأحمر إلى الأخضـــر . وهناك القطعة رقم (٤) التى تتميز بالبدن الكروى أيضا ويلاحظ بها عيوب الصناعة واختلاف الدرجات اللونية للتزجيج بالإضافة إلى بعض الشروخ الصغيرة . أما

رقم (٦) والتى تتميز بالبدن الكروى أيضا ولون التزجيج فيها أخضر قـــاتم يميـــل إلـــى الزيتونى ويلاحظ فى هذه القطعة وجود ترميم قديم .

- **القطعة رقم رقم (١٢)** عبارة عن بقايا قطعة يدل هذا الجزء الباقى أنها كانت تتميـــز بالبدن الكروى ، ويتميز التزجيج بأحد درجات اللون التركوازى .

- **أما القطعة رقم (١٣)** فتتميز بشكل الصندوق ويتميز تزجيجهـــا بـــاللون الزيتـــونى ويلاحظ أنها تعرضت لأعمال الترميم حيث يلاحظ استخدام سلك حول القطعة وهناك أيضا القطعة رقم (٢٢) التى تتميز بالشكل الكروى واللون الأخضر للتزجيج ويلاحظ بها زخرفة على جانبى البدن .

- بالإضافة إلى ذلك فإن القطعة رقم (٢٣) تتميز بالشكل اللوزى ولون التزجيج فيهـــا أرجوانى ويلاحظ أيضا الشريط الزخرفى الذى يغطى النصف العلوى للقطعة .

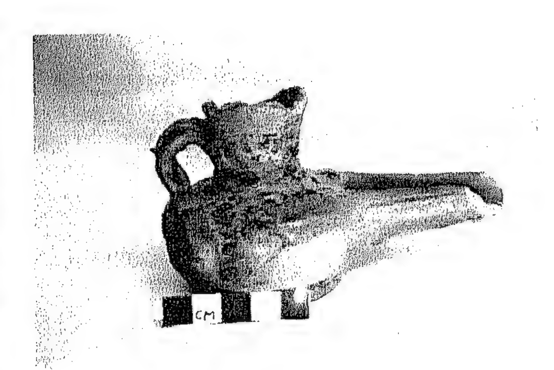
- **حالة مسارج المجموعة الأولي :**

- **قطعة رقم (١):** يلاحظ فى هذه القطعة بعض عيوب الصناعة ويتجلى ذلك فى طبقـــة التزجيج التى تعانى من اختلاف اللون كما يظهر فى الصورة رقم (٧٨)، كما يلاحظ أيضاً وجود الحفر على سطح التزجيج وقد امتلئت هذه الحفر بالاتساخات كما يتضـــح فى الصورة رقم (٧٩) كما أن هذه القطعة تعرضت لفقدان جزء من المشعل وجـــزء آخر من الفوهة .

- **قطعة رقم (٣):** تعانى هذه القطعة من الضعف الذى انتشر فى قاعدتها وبقايا مشعليها ويلاحظ أيضا فقدان الجزء الأكبر من مشعليها كما يظهر فى الصورة رقم (٨٠) أما قاعدة هذه القطعة فقد تساقط معظم التزجيج من عليها كما يظهر فى الصورة (٨١) .

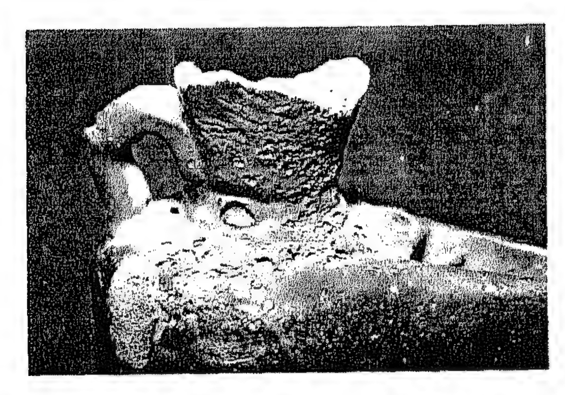
- **قطعة رقم (٤):** تجمعت العديد من العيوب الصناعة فى هـــذه القطعـــة فـــنلاحظ أن الفوهة تم الضغط عليها قبل الحرق كما يظهر فى الصورة رقم (٨٢) ويلاحظ احتواء طبقة التزجيج على الحفر التى نتجت عن عدم ضبط نسب المواد الخام ويلاحظ أيضا فقدان جزء من المشعل كما يظهر فى الصورة رقم (٨٣).

- **قطعة رقم (٦):** لقد وجد في هذه القطعة بعض أعمال ترميم قديمـــة اســـتخدم فيهـــا البيتومين فى استكمال جزء ناقص .



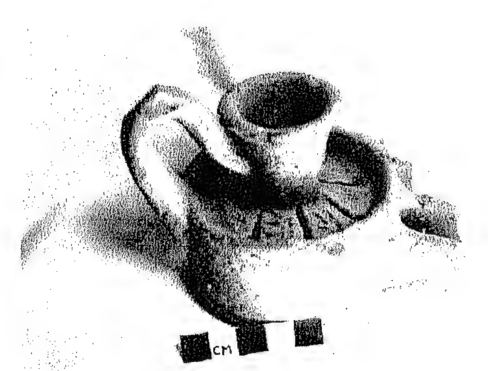
صورة رقم (٧٨) توضح القطعة رقم (١)

وما بها من عيوب صناعة .



صورة رقم (٧٨) توضح احتواء سطح القطعة

رقم(١)علي حفر واختلاف ألوان طبقة التزجيج.



صورة رقم(٨٠) توضح القطعة رقم (٣) التي تعاني

من فقد بعض الأ جزاء من البدن وطبقة التزجيج.



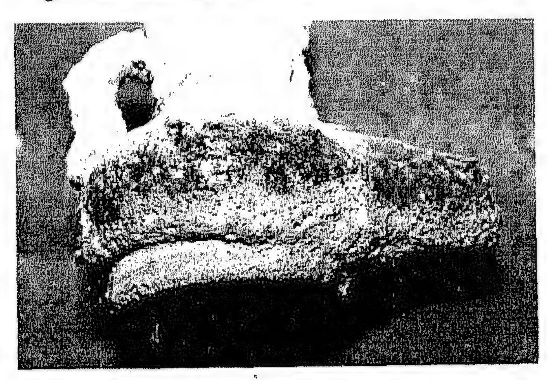
صورة رقم (٨١) توضح قاعدة القطعة رقم(٣)

حيث تعرضت لتساقط اجزاء من طبقة التزجيج .



صورة رقم(٨٢) توضح القطعة رقم (٤) وما بها

من عيوب ناتجة عن المراحل الأولية للصناعة .



صورة رقم(٨٣) توضح الفقاعات المنتشرة في

القطعة رقم (٤) .

وبعيداً عن الخطأ في استخدام مادة البيتومين ،فقد كانت المفاجئة عند إزالة التـرميم وجد أن المشعل لا يوجد به اي فقد، ولا يوجد لدي الباحث اي تفسير لوضـع البيتـومين بهذه الصورة ، بالإضافة إلى ذلك فإنه يلاحظ انتشار الاتساخات الناتجة عن الاسـتخدام وعن الإهمال فى المتابعة كما توضح الصورة رقم (٨٤).

- **قطعة رقم (١٢):** تتميز هذه القطعة بتفقد الجزء الأكبر منها ولم يتبقى منهـا سـوى القاعدة وجزء من البدن بالإضافة إلى جزء من المشعل ويتضح ذلك فى الصورة رقم (٨٥) . ويظهر فى الجزء الداخلى فى القاعدة وجود الاتساخات وتساقط جـزء مـن التزجيج ، كما أن بدن هذه القطعة يتميز بالضعف والهشاشية خاصـة فـى الجـزء الداخلى وقد فقد الربط بين البدن والتزجيج مما عرض التزجيج للتساقط .
- **قطعة رقم (١٣):** تتميز هذه القطعة بشكل الصندوق ويلاحظ انتشار الاتساخات علـى سطحها ويظهر ذلك فى الصورة رقم (٨٦) . وقد تعرضت هذه القطعة لعملية تجميـع وقد استخدم سلك معدنى لتدعيم على هذا التجميع وذلك رغم أنه غير مفيد فى عمليـة التجميع ، ويلاحظ فقدان المقبض والمشعلين ويتميز بدن هذه القطعة بأنه ذو حالة جيدة.
- **قطعة رقم (٢٢):** يلاحظ فى هذه القطعة فقدان المقبض ومقدمة المشعل بالإضافة إلـى فقدان الفوهة والرقبة كما يتضح فى الصورة رقم (٨٧) كما تظهر شروخ فى مقدمـة الجزء الباقى من المشعل كما تعرضت بعض الأجزاء إلى التساقط ، ويلاحظ تـراكم كمية من الأتربة والاتساخات داخل المسرجة.
- **قطعة رقم (٢٣):** تتميز هذه القطعة بالشكل اللوزى ،كما يظهر فى الصورة رقم (٨٨). هذه القطعة يتراكم عليها كميات من الأتربة ويلاحظ أن منطقة المشعل يوجـد عليهـا كميات كبيرة من الكربون الناتج عن عملية الاستخدام ، كما تساقطت بعض الأجـزاء من طبقة التزجيج عند المقبض وحول كل من الفوهة والمشعل بالإضافة إلـى تسـاقط أجزاء أخرى من السطح العلوى للمسرجة ، كما أن قاعدة هذه المسرجة تعـانى مـن الضعف وتساقط طبقة التزجيج منها .

مرحلة العلاج والصيانة للمجموعة الأولى

- **قطعة رقم (١)** : لقد تم تنظيف القطعة أولا باستخدام فرشاة جافة وذلك لإزالة الأتربة الموجودة داخل الحفر فى سطح التزجيج وكان الحذر مطلوباً حتى لا تتعرض حواف الحفر للتساقط ، لكن لم تقم الفرشاة بإزالة كل الاتساخات لذلك تم استخدام القطن المندى بالماء والملفوف على أعواد خشبية ذات أطراف مدببة ، واستخدمت هذه الطريقة فى تنظيف الحفر وفى إزالة العوالق الموجودة على السطح .

ومما لاشك فيه أن المسرجة احتوت من الداخل على بقايا الزيوت وبقايا كربون ناتج من الاستخدام ، بالإضافة إلى الأتربة التى التصقت بالسطح الداخلى . وتم تنظيف المسارج من الداخل باستخدام الأعواد الخشبية الملفوف عليها قطن مندى بالماء أيضا ، واستخدمت بعض الأدوات المساعدة لتنظيف كل الجزء الداخلى.

بعد ذلك تم تقوية الأجزاء الضعيفة من الفوهة والمشعل باستخدام محلول٥% من البارالويد ب ٧٢ الذائب فى خليط الزايلين والاستيون بنسبة ٣ : ١ . وتعد هذه القطعة سجلاً حافلاً لكثير من مظاهر التلف الناتجة عن عيوب الصناعة وتوضح الصورة رقم (٨٩) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات العلاج المختلفة .

- **قطعة رقم (٣)**: تعانى من ضعف فى البدن خاصة فى بقايا المشعلين التى تعانى من التفتت والتشرخ وتساقط لطبقات من البدن الحاملة لطبقة التزجيج وفى الجزء العلوى تتراكم الأتربة بكثافة لذلك كان من الضروري عمل التقوية المبدئية باستخدام البارالويد ب ٧٢ الذائب فى خليط الزايلين والاسيتون وبعد ذلك تم التنظيف باستخدام القطن المندى بالماء.

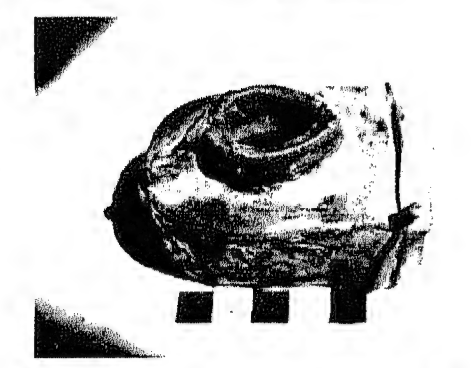
و في هذه الحالة لم يتم البدء باستخدام الطرق الميكانيكية بمفردها فى التنظيف وإنما تم تطرية الاتساخات أولا ثم تم إزالتها بحرص شديد . توضح الصورة رقم (٩٠) شكل بقايا المشعلين بعد الانتهاء من التنظيف والتقوية . وقد تم تنظيف المسرجة من الداخل باستخدام القطن المندى بالماء، وتوضح الصورة رقم (٩١) شكل القطعة بعد الانتهاء من تنظيفها وتقويتها .



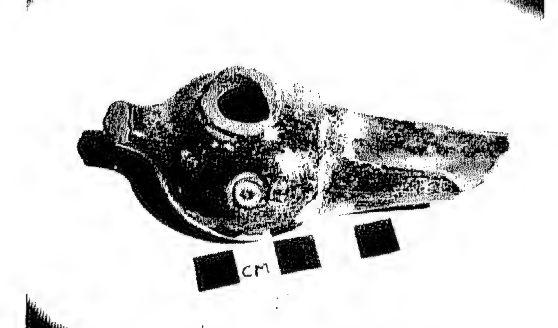
صورة رقم(٨٤) توضح الاستكمال الخاطيء للقطعة رقم (٦) .



صورة رقم(٨٥) توضح حالة القطعة رقم (١٢).



صورة رقم(٨٦) توضح استخدام أسلاك معدنية في تجميع القطعة رقم (١٣) .



صورة رقم(٨٧) توضح فقد اجزاء من المشعل والفوهة والمقبض للقطعة رقم (٢٢) .



صورة رقم(٨٨) توضح تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج من القطعة رقم (٢٣) .



صورة رقم(٨٩) توضح شكل القطعة رقم (١) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .

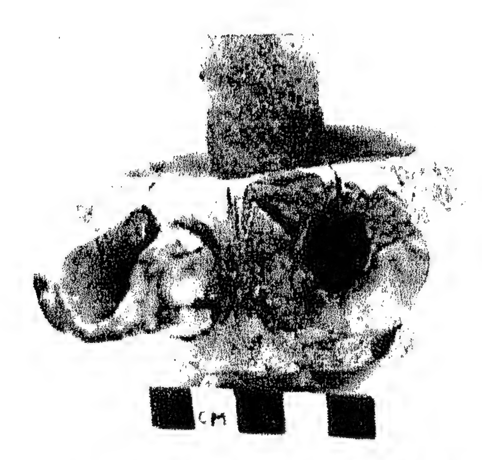
- **قطعة رقم (٤)**: لقد تم تنظيف هذه القطعة بالفرشاة الجافة وتم استخدام القطن المندى بالماء أيضا بالإضافة إلى ذلك فقد تم تندية طبقة التزجيج مع استخدام المشرط وذلك بعمل احتكاك خفيف على السطح وكانت النتيجة ظهور طبقة التزجيج باللون الأحمر.

ولا يبدو أن هذه القطعة قد استخدمت ولكنها تعرضت لهذه الطبقة السوداء فوق التزجيج أثناء الحرق فى الفرن نظرا لملاحظة قوة تماسك هذه الطبقة بالسطح، وقد تم إزالة جزء صغير من هذه الطبقة بالطريقة السابقة وترك الباقى حتى لا يتم التغيير فى الشكل الأصلى للقطعة . وتوضح الصورة رقم (٩٢) شكل القطعة بعد تنظيفها من الأتربة ومن جزء من الطبقة السوداء .

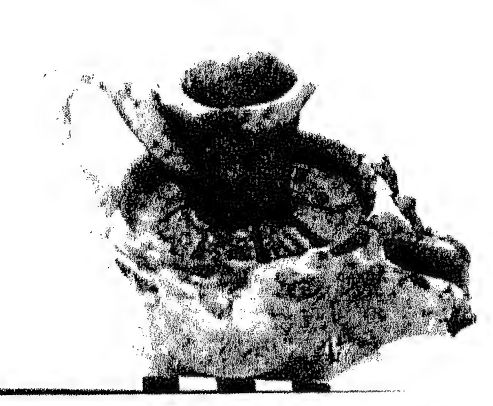
- **قطعة رقم (٦)**: سبق الإشارة إلى عملية الاستكمال الخاطئة لهذه الطقعة فنجد أن الصورة رقم (٩٣) تبين بداية ظهور النهاية الطبيعية للمشعل حيث يلاحظ أن الجزء العلوى هو الجزء الباقى من مادة الاستكمال البيتومين أما الجزء السفلى فيبين الجزء الأصلى بعد إزالة طبقة البيتومين من فوقه ، وقد تم إزالة طبقة الاستكمال كلها وظهر المشعل بحالة جيدة ولم يكن يحتاج إلى كل هذه الطبقة التى تركت بقايا سوداء حيث كانت هناك صعوبة فى إزالتها واستخدم معها الكحول الميثلى الذى أعطى نتائج جيدة فى إزالة هذه البقايا ، وتوضح الصورة رقم (٩٤) شكل المشعل بعد إزالة طبقة الاستكمال .

وبعد ذلك تم تنظيف باقى أجزاء القطعة وذلك باستخدام محلول الكالجون واستخدم هذا المحلول فى المناطق الخالية من طبقة التزجيج والتى يصعب إزالة البقع منها. وتوضح الصورة رقم (٩٥) القطعة بعد الانتهاء من عمليات العلاج المختلفة ، ويلاحظ أن هناك جزء زائد فى المنطقة السفلية للمشعل يبدو أنه ناتج عن زيادة أثناء التشكيل .

-**قطعة رقم (١٢)**: قبل البدء فى عمليات التنظيف تم تقوية الجزء الداخلي المتهالك وكذلك تم تثبيت طبقة التزجيج وذلك باستخدام محلول ٥% من البارالويد ب ٧٢ فى خليط من الزايلين والاستيون. أما بالنسبة للشروخ الكبيرة والتى توجد فى القاعدة فقد تم تقويتها باستخدام محلول بارالويد ب ٧٢ بتركيز ١٠% فى خليط الزايلين والأسيتون .



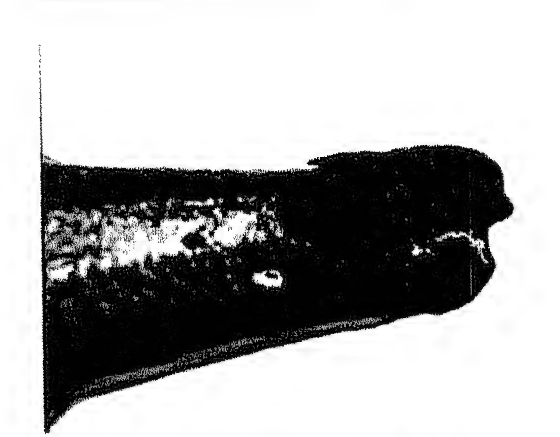
صورة رقم(٩٠) توضح المشعلين بعد الإنتهاء من التنظيف و التقوية النهائية للقطعة رقم (٣) .



صورة رقم(٩١) توضح القطعة رقم (٣) بعد الإنتهاء من عمليات التنظيف والتقوية وتثبيت طبقة التزجيج.



صورة رقم(٩٢) توضح القطعة رقم (٤) بعد التنظيف وإزالة جزء من الطبقة السوداء .



صورة رقم(٩٣) توضح خلفية مشعل القطعة رقم (٦) بعد إزالة جزء من طبقة الاستكمال .



صورة رقم(٩٤) توضح مشعل القطعة رقم(٦) بعد إزالة مادة الأستكمال .



صورة رقم(٩٥) توضح القطعة رقم (٦) الإ نتهاء منعمليات الترميم .

وبعد عملية التقوية المبدئية تم تندية العوالق الموجود بالسطح الداخلى للمسرجة وبعد ذلــك تــم إزالــتها ، وتوضح الصورة رقم (٩٦) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف والتقوية النهائية بنفس المحلول المستخدم فى التقوية المبدئية .

ويجــب الإشــارة أنه لم يتم التفكير في عملية الاستكمال للأجزاء المفقودة وذلك نظــراً للفقد الكبير فى البدن و الذي يصعب معه الاستكمال حيث أنه قد نلجأ إلى التخمين وذلك لعدم وجود نقاط ارشادية كافية يمكن أن يستفاد منها عند الاستكمال ولذلك استبعدت فكرة الاستكمال .

- **قطعــة رقــم (١٣):** تم تنظيف هذه القطعة باستخدام القطن المندى بالماء وفى حالــة بعــض الاتساخات الصعبة تم استخدام الكحول المثيلى والكالجون فى إزالة البقايا الموجودة في داخل المسرجة وقد تم استخدام الطرق الميكانيكية أيضا بواسطة المشارط و نظــراً لحالــة القطعــة الجيدة فقد تم إزالة السلك المعدنى الموجود من القطعة وتوضح الصورة رقم (٩٧) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف .

- **قطعة رقم (٢٢):** تم تنظيف القطعة باستخدام القطن المندى بالماء أيضا لإزالة الاتساخات الموجودة داخل المسرجة بالإضافة إلى الأتربة المنتشرة على سطح القطعة ، ونظــراً لوجود شرخ نافذ فى قاعدة المشعل فقد تم تثبيته باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ١٠% .

ويلاحــظ أن القطعة فقدت أجزءا مختلفة من الفوهة والرقبة بالإضافة إلى فقدان جــزء من المقبض وأيضا فقد مقدمة المشعل ، ولم يتم استكمال هذه القطعة حتى لا نلجأ إلــى التخمــين كمــا أنه لا توجد قطعة مشابهة لها ، وتوضح الصورة رقم (٩٨) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

-**قطعــة رقــم (٢٣) :** يلاحــظ فى هذه القطعة تساقط بعض الأجزاء من طبقة التــزجيج، وقــد تم تقوية الأجزاء الضعيفة أولا قبل البدء في التنظيف باستخدام محلول الــبارالويد ب ٧٢ بنســبة ٥ % ، وبعد ذلك تم التنظيف باستخدام القطن المندى بالماء لإزالــة الأتربة والقطن المندى بالكحول المثيلى فى إزالة البقع الموجودة على المقبض ،

وبعد ذلك تم تقوية طبقات التزجيج الضعيفة باستخدام البارالويـد ب ٧٢ بتركيـز ٥% ، وتوضح الصورة رقم (٩٩) القطعة بعد الانتهاء من التنظيف والتقوية .

وقبل البدء فى المجموعة الثانية فإن هناك قطعتين فقد بهما أجـزاء عديـدة ولـم تستكمل كلية ، بل تم استكمال أجزءا صغيرة يوجد بها دلائل على استكمال وهما القطعتين أرقام (٩) و(١١) .

وتوصف القطعة رقم (٩) بأنها دائرية ذات لون أخضر وقد زخرفت القطعة على جانبى المشعلين بخطوط زخرفية على السطح العلوى للمسرجة، ويلاحظ أن هذه القطعـة فقد منها جزء من الفوهة و معظم أجزاء المشعلين بالإضافة إلى الاتساخات ، وذلك كمـا يتضح في الصورة رقم (١٠٠). وقد تم استخدام الماء والكحول لتنظيف السطح الخارجى والجزء الداخلى للمسرجة .

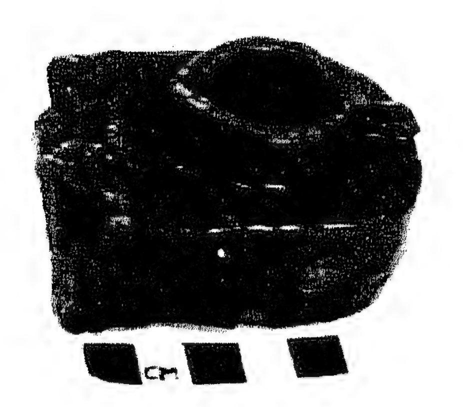
وبالنسبة للاستكمال فإن القطعة فقد منها جزء من الفوهة و معظم أجزاء المشعل، ونظرا لعدم وجود دليل لاستكمال المشعلين كما أن هذه القطعة لم يوجد نموذج مثلها يمكن الرجوع إليه فى الاستكمال، لذلك فقد تم استكمال الفوهة فقط ، وتم الاستكمال باسـتخدام خليط من مسحوق الفخار الحديث مع البارالويد ب ٧٢ بتركيـز ٥٠% وقـد اسـتخدمت شرائح الشمع كقوالب عند الاستكمال وتوضح الصورة رقم (١٠١) القطعة بعد الانتهـاء من التنظيف واستكمال الفوهة بمخلوط مسحوق الفخار.

ونظرا لاختلاف لون مسحوق الفخار عن اللون الأصلى للقطعة فقد تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك . وقبل البدء فى عملية التلوين فإنه تـم عمـل بالته من مسحوق الفخار وتم تقسيم (البالته) إلى مربعات وتم استخدام الألوان الاكريليـك للحصول على درجات لونية مختلفة ومتدرجة ، وقد تم الرجوع إلى هذه (البالتـه) عنـد تلوين كل الأجزاء المستكملة وتوضح الصورة رقم (١٠٢) شكل (البالته) المستخدمة فـى التلوين ، وتوضح الصورة رقم (١٠٣) القطعة بعد الانتهاء من عملية الاستكمال .

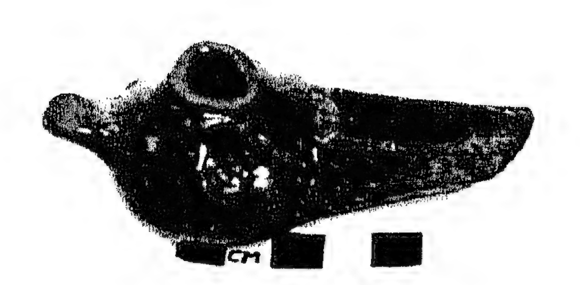
- **قطعة رقم (١١):** تتميز هذه القطعة بأنها ذات شكل فريد من نوعـه حيـث أن بدنها الكروى عبارة عن شريط زخرفى مفرغ، ويعطى هذا الشريط القطعة شكلا جماليـا لم يتكرر فى أدوات الإضاءة الخزفية محل الدراسة وتتميز هذه القطعة باللون التركوازى.



صورة رقم(٩٦) توضح القطعة رقم (١٢)
بعد الانتهاء من التقوية والتنظيف .



صورة رقم(٩٧) توضح القطعة رقم (١٣)
بعد الإنتهاء من التنظيف .



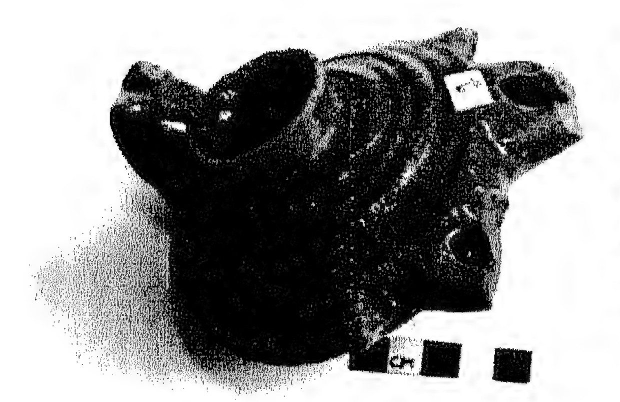
صورة رقم(٩٨) توضح القطعة رقم (٢٢)
بعد الانتهاء من التنظيف



صورة رقم(٩٩) توضح الشكل النهائي للقطعة
(٢٢) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .



صورة رقم(١٠٠) توضح القطعة رقم (٩) وما
عليها من اتساخات وفقد لبعض اجزائها .



صورة رقم(١٠١) توضح القطعة رقم (٩)
بعد الإنتهاء من التنظيف والاستكمال .

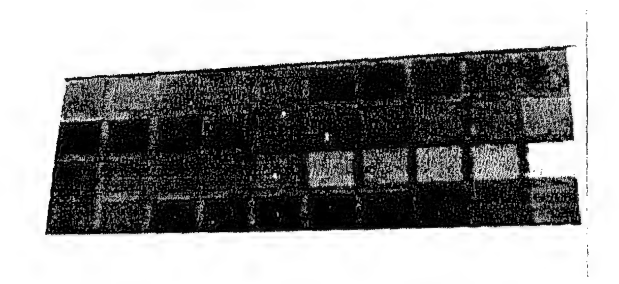
ويلاحظ أن هذه القطعة تراكمت عليها كميات كبيرة من الأتربــة فــى المنطقــة الفاصلة بين البدن الداخلى والشريط المفرغ وداخل القطعة أيضا، بالإضافة إلى الكربون الذى ترسب وتغلغل داخل نسيج المشعل . بالإضافة إلى فقد بعض الأجــزاء بالقاعــدة وجزء من الشريط الزخرفى وأجزاء أخري مفقودة من الفوهة ومقدمة المشعل وكذلك فقد المقبض ، وذلك كما يتضح من الصورة رقم (١٠٤) .

وبالنسبة لعلاج هذه القطعة فكانت البداية بتثبيت الأجزاء الضعيفة فــى المشــعل وذلك باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% وتلا ذلك التنظيف بالفرشاه ثم القطن المندى بالماء و كذلك استخدم محلول الكالجون ٣% فى تنظيف المشعل مما يحتوى عليه من كربون والذي أدى إلى تحول المشعل إلى اللون الأسود.

أما الاستكمال فكان من الصعب استكمال الفوهة والمقبض والمشعل نظــرا لعــدم وجود نماذج مشابهة لهذه القطعة .

وكان هناك أهمية تفرضها الناحية الجمالية لاستكمال الشــريط الزخرفــى وعنــد دراسة هذا الشريط وجد أنه عبارة عن شريط ممتد من أحد الجانبين إلى الجانب الآخــر وكان من الصعب البدء فى الاستكمال قبل عمل نموذج مبــدئي للاســتكمال . واســتقر الاختيار على مادة البلاستوسين ، وتم الاستكمال بها ووجد أن الامتداد صحيح ، ونظــرا لاحتواء البلاستوسين على مواد زيتية تم عزل مناطق الاتصال بين البلاستوسين والبــدن بواسطة البولى إثيلين الرقيق، وتوضح الصورة رقــم (١٠٥) القطعــة بعــد اســتكمالها باستخدام البلاستوسين أيضا.

بعد ذلك تم إزالة البلاستوسين وتحضير مادة لاستكمال التى تتكــون مــن خلــيط مسحوق الفخار والبارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% وتوضح الصورة (١٠٦) شكل القطعــة بعد استكمال الشريط الزخرفى ، وبعد ذلك تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك وذلك بالرجوع إلى (البالتة) التى تم سبق الإشارة إليها وتوضح الصورة (١٠٧) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .



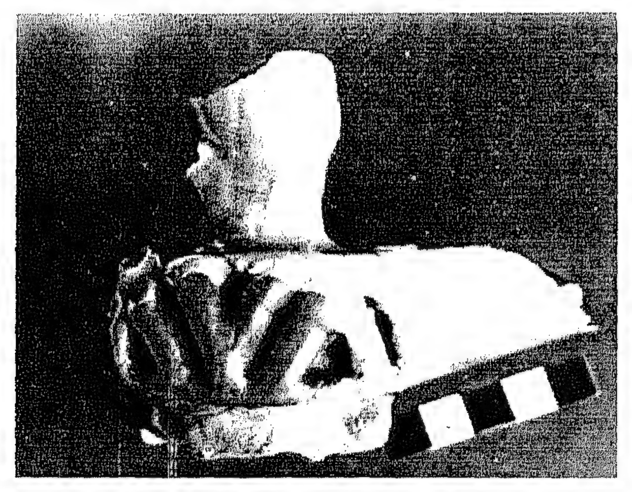
صورة رقم(١٠٢) توضح البالته المستخدمة عند إعادة تلوين الأجزاء المستكملة .



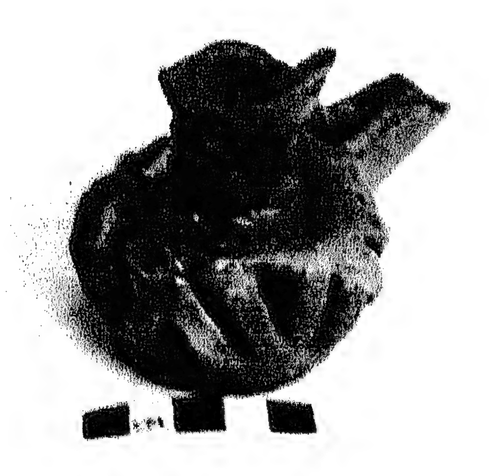
صورة رقم(١٠٣) توضح القطعة رقم (٩) بعد الانتهاء من الاستكمال وإعادة التلوين .



صورة رقم(١٠٤) توضح القطعة رقم (١١) وفقد للجزء الخارجي من الشريط الزخرفي .



صورة رقم(١٠٥) توضح القطعة رقم (١١) بعد استكماله باستخدام البلا ستو سين .



صورة رقم(١٠٦) توضح القطعة رقم (١١) بعد استكمال الشريط الزخرفي .



صورة رقم(١٠٧) توضح الشكل النهئي للقطعة رقم(١١) بعد الانتهاء من عمليات الترميم .

وصف مسارج المجموعة الثانية

- **قطعة رقم (٢)** : تتميز هذه القطعة بالشكل الكروى للبدن مع وجود مشعل واحد ومقبض دائرى ويلاحظ أن تزجيج القطعة يتميز باللون الأخضر، ويلاحظ عدم تغطية طبقة التزجيج لقاعدة المسرجة .

- **قطعة رقم (٥)** : طراز فريد من نوعه لم يتكرر حيث يوجد بهذه المسرجة خمس مشاعل وثلاث مقابض ، وتتميز هذه القطعة باللون التركوازى ، ويلاحظ الدقة فى صناعة هذه القطعة و الذى يتجلى فى المقابض والمشاعل مع تجانس التزجيج على السطح .

- **قطعة رقم (٧)** : تتميز هذه القطعة بالشكل الكروى واللون الأخضر القاتم بالإضافة إلى وجود مشعل واحد و مقبض دائرى ولم يغطى التزجيج قاعدة المسرجة.

-**قطعة رقم (٨)** : تتميز بالشكل الكروى وتزجيجها باللون الأخضر مع وجود مشعل واحد بالإضافة إلى أن رقبة هذه المسرجة تتميز بأنها طويلة .

- **قطعة رقم (١٠)**: تتميز هذه القطعة بشكل الطبق ويلاحظ بها اختلاف لون التزجيج من الأخضر إلى الشفاف .

- **قطعة رقم (١٤)**: تتميز هذه القطعة بالشكل الأسطوانى واللون الأخضر.

- **قطعة رقم (١٥)**: تتميز هذه القطعة باللون التركوازى وشكل القطعة كروى وهي ذات مشعل واحد .

- **قطعة رقم (١٦)**: تتميز هذه القطعة أيضا بالشكل الأسطوانى وتزجيجها ذولون بنى.

- **قطعة رقم (١٧)**: تتميز القطعة بشكل الصندوق ويتغير لونها بين الأصفر والبنى ويلاحظ وجود مشعلين أحدهما مفقود ، بالإضافة إلى ذلك هناك زخرفة وجدت على السطح العلوى ، ويلاحظ أن الطريقة التى استخدمت فى تشكيل هذا النوع من المسارج هى الصب فى القالب .

- **قطعة رقم (١٨)**: تتميز هذه القطعة أيضا بشكل الصندوق وتتميز باللون الأخضر ويلاحظ وجود وحدة زخرفية على السطح العلوى .

- **قطعة رقم (١٩):** تميل هذه القطعة إلى اللون الأصفر وهى على شكل صندوق وتتميز بوجود زخارف نباتية رائعة على السطح.

- **قطعة رقم (٢٠):** تتميز هذه القطعة بالشكل اللوزي الذى يتميز بانتشار الزخارف النباتية على السطح وتتميز باللون الأخضر القاتم .

- **قطعة رقم (٢١):** هذه القطعة على شكل صندوق ويتميز تزجيجها باللون الأخضر ويوجد لها مشعلين فقد مقدمة أحدهما ويلاحظ أن سطح هذه المسرجة سادة وخال من الزخارف .

- **قطعة رقم (٢٤):** تتميز هذه القطعة بالشكل اللوزى واللون الأخضر للتزجيج ويلاحظ وجود الزخارف النباتية المنتشرة على سطح المسرجة .

حالة مسارج المجموعة الثانية ومراحل الترميم المختلفة

– **قطعة رقم (٢):** تعانى هذه القطعة من بقايا ترميم قديمة فى منطقة المشعل وقد التصقت بعض من مادة الاستكمال على أجزاء مختلفة من المسرجة سواء داخل المسرجة أو خارجها ، أما القاعدة فقد وجدت عليها بقع كربونية صعبة الإزالة وتوضح الصورة رقم (١٠٨) الحالة التى وجدت عليها القطعة .

وقدتم إزالة بقايا الترميم القديم بطرق ميكانيكية والبعض الآخر تم تطريتها بواسطة الكحول المثيلى و تم إزالتها ، أما القاعدة فقد تم إزالة البقع الموجودة عليها بواسطة محلول الكالجون ٣% الذى أعطى نتائج جيدة .

وبالنسبة للاستكمال فقد تم البدء فى محاولة استكمال المشعل لهذه القطعة حيث تم عمل الاستكمال أيضا بمادة البلاستوسين أولا. وتوضح الصورة رقم (١٠٩) القطعة بعد الانتهاء من التنظيف وعمل الاستكمال المبدئى باستخدام البلاستوسين وروعى عزل سطح المشعل بالبولى إثيلين الرقيق، بعد ذلك تم الاستكمال باستخدام خليط مسحوق الفخار و محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠%، ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١١٠) أما الصورة رقم (١١٣) فتوضح شكل القطعة بالانتهاء من أعمال الترميم المختلفة وإعادة التلوين ووضع طبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لمضاهاة لمعان طبقة التزجيج ،

- **قطعة رقم (٥):** تعانى هذه القطعة من عدة مظاهر للتلف ترتبط جميعا بأعمال الترميم ، حيث يلاحظ استخدام الجبس فى القديم الاستكمال وقد تحول هذا الجبس إلى مادة هشه ومتهالكة بالإضافة إلى استخدام الأسلاك المعدنية فى تدعيم الاستكمال وتوضع الصورة رقم (١١٢) الحالة التى توجد عليها القطعة ، هذا بالإضافة إلى الاتساخات التى تنتشر على مناطق كثيرة من التزجيج بالإضافة إلى بقايا الاستكمال الموجودة بالأجزاء الباقية من المشاعل . وبالنسبة للتنظيف فقد بدء بالطرق الميكانيكية فى إزالة بقايا الترميم القديم وتم فك الأسلاك المعدنية . واستخدم القطن والماء فى إزالة الاتساخات غير شديدة الالتصاق بالسطح ، أما الاتساخات شديدة الالتصاق خاصة فى المناطق التى لا يوجد عليها تزجيج فقد استخدم محلول الكالجون ٣% ، وتوضح الصورة رقم (١١٣) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف وإزالة الترميم القديم .

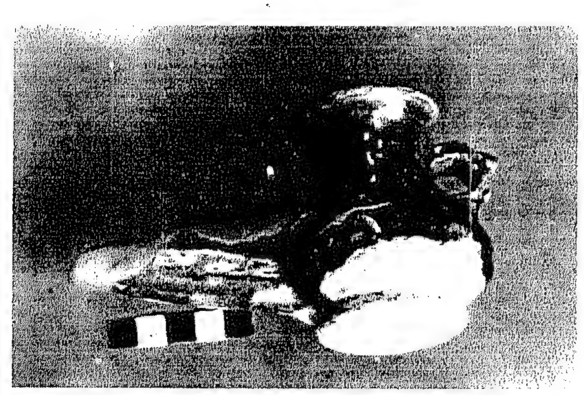
أما بالنسبة للاستكمال فإنه لم يكن هناك مشكلة بالنسبة للمقبض حيث يوجد مقبضين آخرين استدل بهما فى الاستكمال، أما المشاعل فقد تم الاستفادة من أقل المشاعل فقدا وتم استكماله ، وبناءا عليه تم استكمال باقى المشاعل الناقصة ، وتوضح الصور ارقام (١١٤) و(١١٥) شكل القطعة بعد الانتهاء من استكمالها باستخدام خليط مسحوق الفخار والبارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% ، وقد استخدمت شرائح الشمع الطبى فى عمل القوالب لاستكمال المشاعل .

و بعد الانتهاء من الاستكمال تم إعادة تلوين الأجزاء المستكملة بالرجوع إلى (البالته) الموجودة فى صورة رقم (١٠٢) وتم مضاهاة طبقة التزجيج باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠%، وتوضح الصور (١١٦) و(١١٧) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

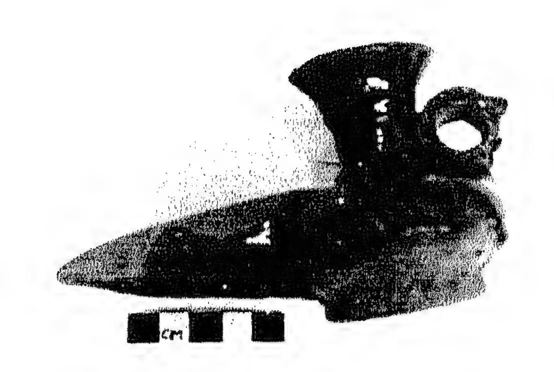
-**قطعة رقم (٧):** رغم حالة هذه القطعة الجيدة إلا أنها تفقد جزء من الفوهة وجزء آخر من المشعل بالإضافة إلى وجود تكلسات من الاتساخات توجد على القاعدة والجزء السفلى من البدن الذى لا يغطيه التزجيج هذا بالإضافة إلى وجود كميات كبيرة من الاتساخات داخل المسرجة ، وتوضح الصورة رقم (١١٨) شكل الأجزاء المفقودة بالقطعة، فيما يتعلق بالتنظيف فقد استخدم الماء مع القطن



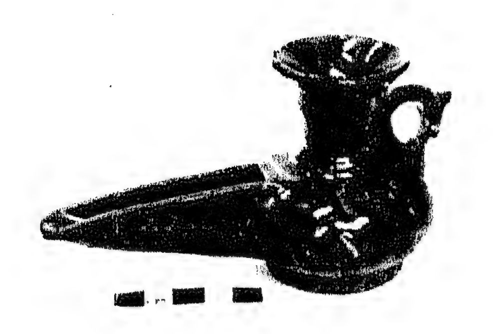
صورة رقم(١٠٨) توضح القطعة رقم (٢)
ويلاحظ بها ترميم قديم .



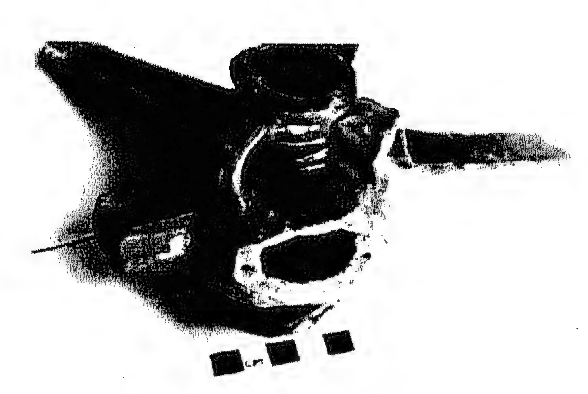
صورة رقم(١٠٩) توضح القطعة رقم (٢) بعد التنظيف
واستخدام البلاستوسين في الاستكمال المبدئي .



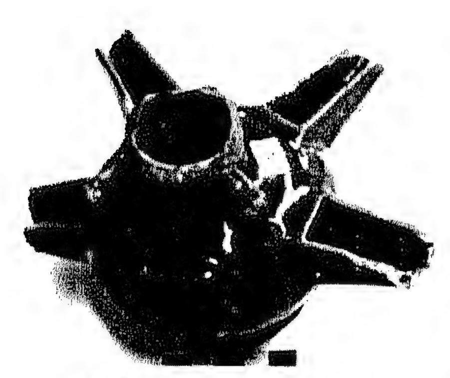
صورة رقم(١١٠) توضح الاستكمال بخليط مسحوق
الفخار+البارالويد ب٧٢ للقطعة رقم (٢) .



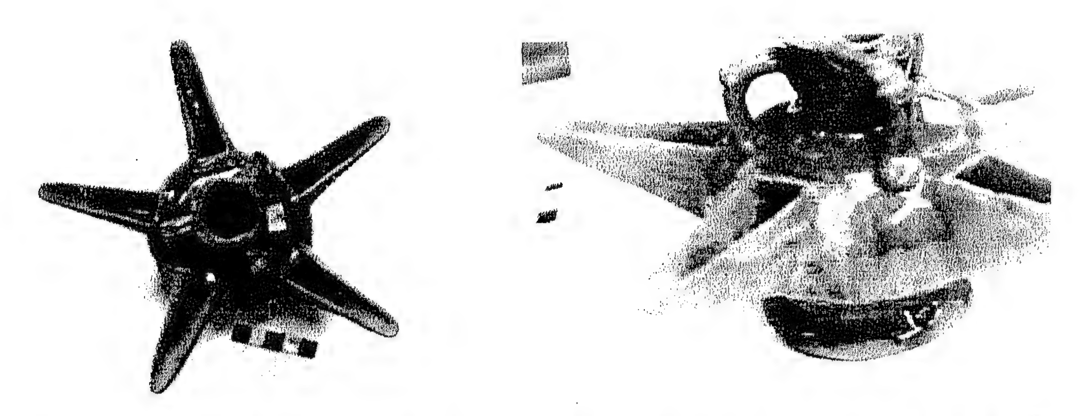
صورة رقم(١١١) توضح القطعة رقم (٢) بعد
الانتهاء من عمليات الاستكمال و اعادة التلوين .



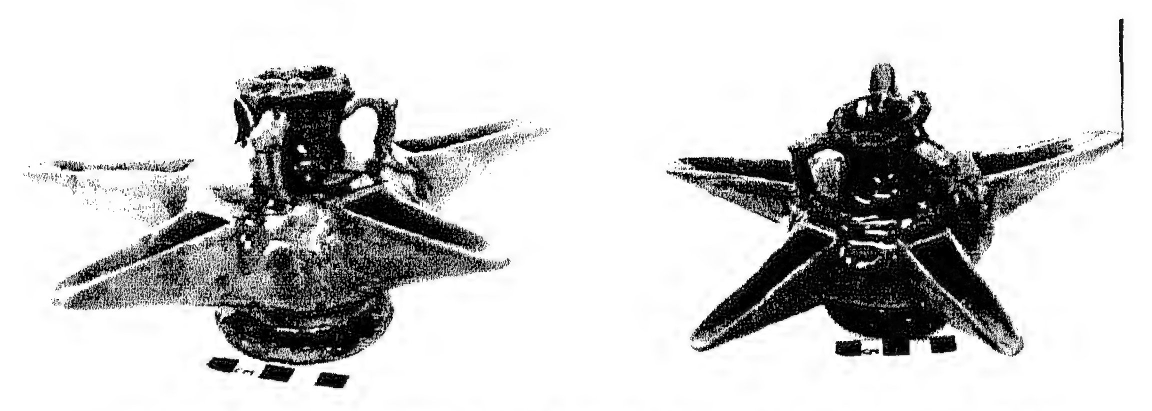
صورة رقم(١١٢) توضح حالة القطعة رقم (٥)
قبل البدء في الترميم .



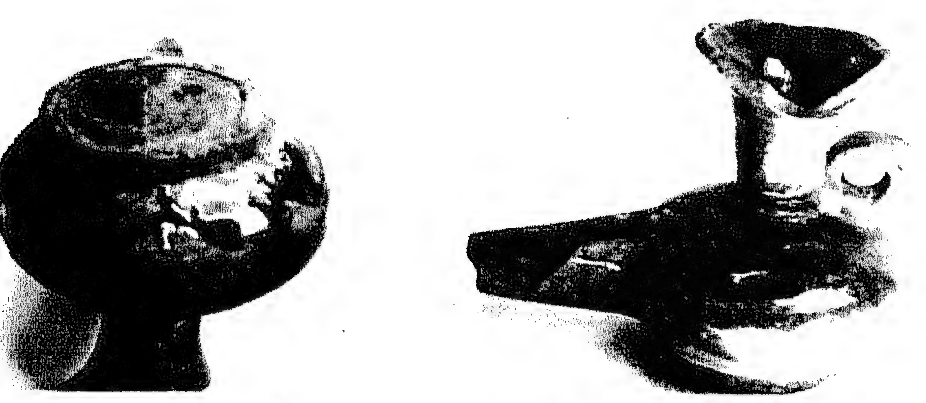
صورة رقم(١١٣) توضح القطعة رقم (٥) بعد
الانتهاء من ازالة الترميم القديم و التنظيف .



الصورتان(١١٤) و (١١٥) توضحان القطعة رقم (٥) بعد الانتهاء من الاستكمال من عمليات الاستكمال .



الصورتان (١١٦) و (١١٧)توضحان القطعة رقم (٥)بعد الانتهاء من الاستكمال وإعادة التلوين .



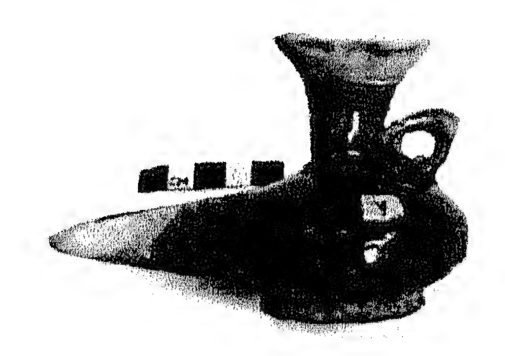
صورة رقم(١١٨) توضح القطعة رقم (٧) وما بها من فقد في الفوهة والمشعل .

صورة رقم(١١٩) توضح قاعدة القطعة رقم (٧) بعد تنظيف جزء منها باستخدام محلول الكالجون .

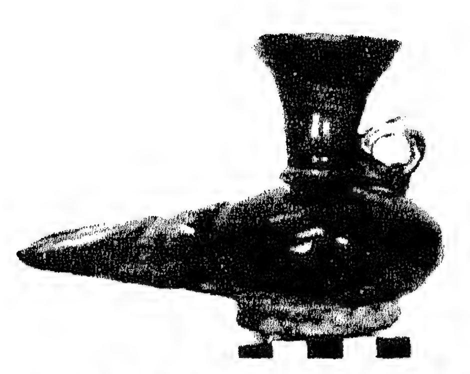
فى إزالة العوالق غير شديدة الالتصاق . وتم تطرية الاتساخات الموجودة بالقاعدة لإزالة الطبقات السميكة أولا وتلى ذلك استخدام كمادة محلول الكالجون لمدة حوالى ١٠ دقائق مع العلم أنه تم تندية السطح أولا بالماء حتى لا يمتصها البدن ، وتوضح الصورة رقم (١١٩) القاعدة وقد تم تنظيف جزء منها باستخدام الماء، والطرق الميكانيكية ثم كمادة الكالجون ٣% وأخيرا التخلص من بقايا الكالجون باستخدام الماء ، أما فيما يتعلق بالاستكمال فقد تم استكمال الفوهة والجزء الناقص من المشعل باستخدام خليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% واستخدم قالب من شرائح الشمع الطبى . وتوضح الصورة رقم (١٢٠) شكل القطعة بعد عملية الاستكمال ، وبعد ذلك تم إعادة تلوين الأجزاء المستكملة باستخدام ألوان الاكريليك وتم وضع طبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠ % لمضاهاة لمعان طبقة التزجيج كما يتضح في الصورة رقم (١٢١).

- **قطعة رقم (٨)**: تعانى من فقد فى الفوهة والمشعل ويلاحظ انتشار الاتساخات داخل وخارج القطعة ، وتوضح الصورة رقم (١٢٢) حالة القطعة وما بها من فقد فى الفوهة والمشعل . و استخدم الماء ومحلول الكالجون فى تنظيف العوالق الصعبة خاصة التى توجد فى المشعل ، وفيما يخص الاستكمال فقد تم استخدام خليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥٠% فى استكمال الأجزاء الناقصة فى المشعل والفوهة كما يتضح فى الصورة (١٢٣) وبعد الانتهاء من الاستكمال كان هناك أهمية كبيرة لإعادة تلوين الأجزاء المستكملة وقد استخدمت ألوان الأكريليك فى إعادة التلوين وتلى ذلك تطبيق محلول البارالويد ب ٧٢بتركيز ٣٠% لمضاهاة طبقة التزجيج ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١٢٤) .

- **القطعة رقم (١٠)**: كما سبق الذكر فإن هذه القطعة تتميز بشكل الطبق ويلاحظ كما يظهر فى الصورة رقم (١٢٥) أنها تعانى من حالة ضعف شديد للجزء الداخلى للبدن فهذا الجزء متهالك يحتاج إلى عملية تقوية سريعة نظرا لتعرض أجزاء من البدن ومن طبقة التزجيج إلى التساقط و يضاف إلى ذلك الاتساخات المنتشرة فى كل أجزاء القطعة ومن الداخل وعند فتحة المشعل، وكذلك يظهر فى الصورة رقم (١٢٦) الفقد فى جزء من جدار المسرجة بالإضافة إلى وجود شرخ عرض واسع موازى لقاعدة القطعة .



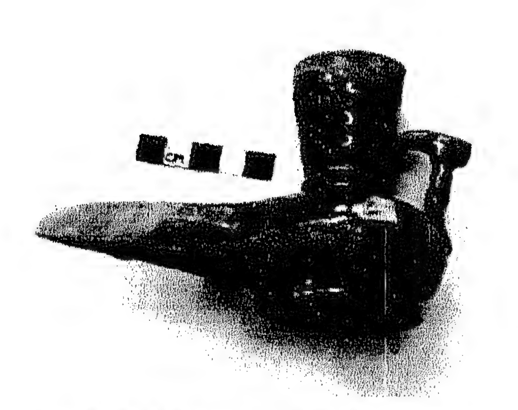
صورة رقم(١٢٠) توضح القطعة رقم (٧) بعد استكمالها بخليط مسحوق الفخار و البارالويد .



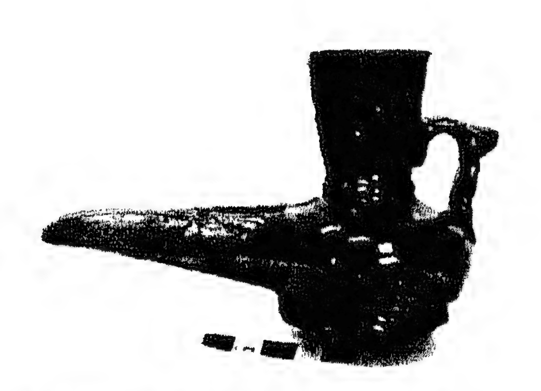
صورة رقم(١٢١) توضح القطعة رقم (٧) بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .



صورة رقم(١٢٢) توضح الاجزاء المفقودة بحافة و مشعل القطعة رقم (٨) .



صورة رقم(١٢٣) توضح القطعة رقم (٨) بعد استكمال الاجزاء الناقصة .



صورة رقم(١٢٤) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٨) بعد الانتهاء من مراحل الترميم المختلفة .



صورة رقم(١٢٥) توضح حالة الضعف و الاتساخات التي تعاني منها القطعة رقم (٧)

٧

وقد تم البدء بتقوية الأجزاء الضعيفة باستخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٥% وذلك قبل البدء من عمليات التنظيف المختلفة والتى تمت فى كل أجزاء القطعة ، وقد استخدم الماء ومحلول الكالجون فى تنظيف الأجزاء المختلفة للقطعة . وتم استخدام محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ١٠% فى حقن الشرخ الموجود بجوار القطعة وذلك لمنع الشرخ من التزايد .

أما فيما يتعلق بالاستكمال فكما يظهر فى الصورة رقم (١٢٧) فقد استخدم خليط من مسحوق الفخار والبارالويد ب ٧٢بنسبة ٥٠% ، بعد ذلك تم إعادة تلوين القطعة ووضع طبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٣٠ % وتوضح الصورة رقم (١٢٨) شكل القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم وإعادة التلوين .

– **القطعة رقم (١٤)** : تتميز بالشكل الأسطوانى ويلاحظ أن هذه القطعة تعانى من وجود كميات كبيرة من الاتساخات الملتصقة بالقاعدة وعند فتحة المشعل أيضا يوجد ترسب كميات كبيرة من الكربون وبعض المواد الدهنية ، كما يوجد فقد فى القاعدة وجزء من المقبض بالإضافة إلى التآكل الموجود بالمشعل نتيجة الاستخدام وتتضح هذه المظاهر فى الصورة رقم (١٢٩) .

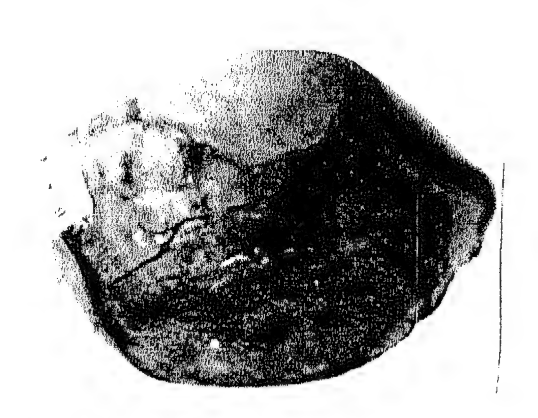
وفيما يتعلق بالتنظيف فقد استخدم محلول الكالجون فى عمل الكمادة لإزالة الاتساخات الموجودة بالقاعدة وتوضح الصورة (١٣٠) شكل القاعدة أثناء إجراء عمليات التنظيف وبعد الانتهاء منها ، ويلاحظ النتيجة الجيدة التى تم الحصول عليها من استخدام كمادة الكالجون.

وفيما يتعلق بالاستكمال فإن هذه القطعة تحتاج إلى استكمال فى منطقة القاعدة والمقبض ، فقد تم استكمال المقبض وذلك بزيادة امتداده حوالى ١سم وبذلك يتشابه مع مقبض القطعة رقم (١٦) التى تتخذ نفس الشكل الأسطوانى ، أما بالنسبة لاستكمال القاعدة فلم يوجد دليل على نهاية القاعدة تماماً لذلك تم عمل دائرة نصف قطرها من مركز القاعدة إلى أقصى جزء موجود حالياً من القاعدة .

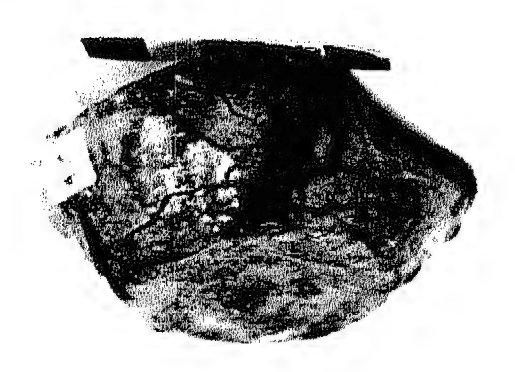
وقد استخدم خليط مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ فى استكمال المقبض والقاعدة . ويجب ملاحظة أهمية وضع طبقة من البارالويد ب ٧٢ على سطح القاعدة قبل



صورة رق (١٢٦) توضح فقد في حافة القطعة رقم (١٠)



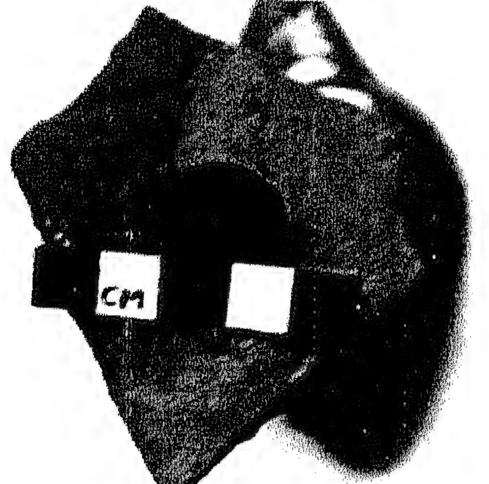
صورة رقم (١٢٧) توضح استكمال الجزء الناقص في القطعة رقم (١٠)



صورة رقم (١٢٨) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٠) بعد الأنتهاء من عمليات الترميم المختلفة



صورة رقم (١٢٩) توضح الإتساخات والفقد الموجود بالقطعة رقم (١٤)



صورة رقم (١٣٠) توضح التنظيف بمحلول الكالجون لقاعدة القطعة

عملية الاستكمال وذلك لضمان قوة الربط بين الجزء المستكمل والجزء الأصلي ، ويتضح الاستكمال لقاعدة ومقبض القطعة فى الصورة رقم (١٣١) .

أما فيما يتعلق بإعادة التلوين للأجزاء المستكملة فقد تم استخدام الدرجة اللونية المناسبة وذلك بالرجوع إلى (البالته) السابق الإشارة إليها ، وبعد ذلك تم تغطية الأجزاء المستكملة بطبقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٣٠% وتوضح الصورة رقم (١٣٢) القطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

- **القطعة رقم (١٥)** : تعانى من فقد فى المشعل بالإضافة إلى وجود اتساخات داخل وخارج القطعة بالإضافة إلى تساقط بعض أجزاء من طبقة التزجيج بالفوهة ، كما يتضح في الصورة رقم (١٣٣) . وفيما يتعلق بالتنظيف فقد استخدم الماء فى التنظيف للأجزاء الداخلية والخارجية ، أما الاستكمال فقد استخدم نفس خليط مسحوق الفخار مع محلول البارالويد ب ٧٢ وتوضح الصورة رقم (١٣٤) القطعة بعد الانتهاء من عمليات التنظيف والاستكمال وبعد ذلك تم إعادة التلوين باستخدام ألوان الاكريليك للأجزاء المستكملة وتبين الصورة رقم (١٣٥) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .

- **القطعة رقم (١٦)**: تعانى هذه القطعة من اتساخات تراكمت فوق الأجزاء المختلفة للمسرجة ويلاحظ تراكم كمية كبيرة من الكربون على بقايا المشعل نتيجة الاستخدام بالإضافة إلى أن هناك فقد فى القاعدة والمقبض ومقدمة المشعل وتوضح الصورة رقم (١٣٦) الحالة التى وجدت عليها القطعة .

وقد تم تنظيف هذه القطعة بالقطن المندى بالماء بالنسبة للأجزاء المزججة وباستخدام الكالجون فى حالة الأجزاء التى تساقط تزجيجها ، وتوضح الصورة رقم (١٣٧) حالة القطعة بعد الانتهاء من علميات التنظيف. وفيما يتعلق بالاستكمال فإنه تم استخدام عجينة مسحوق الفخار مع البارالويد ب ٧٢ فى استكمال المشعل وذلك بعمل قالب من شرائح الشمع الطبى . وبالنسبة لاستكمال القاعدة فقد تم عمل دائرة مركزها منتصف القاعدة الدائرية ونصف قطرها يمتد إلى أقصى جزء موجود حالياً من القاعدة ، وقد تم وضع طبقة من محلول البارالويد على الجزء الأصلى قبل الاستكمال وذلك للتأكد من التماسك وتوضح الصورة (١٣٨) شكل القطعة بعد الانتهاء من الاستكمال للفوهة



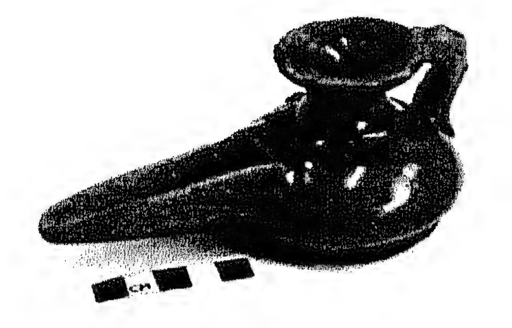
صورة (١٣١) توضح استكمال قاعدة ومقبض القطعة باستخدام خليط من مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢



صورة رقم (١٣٢) توضح القطعة رقم (١٤) بعد الإنتهاء من عمليات العلاج المختلفة



صورة رقم (١٣٣) توضح حالة القطعة رقم (١٥) قبل البدء في عملية الترميم



صورة رقم (١٣٤) توضح القطعة بعد الإنتهاء من التنظيف والإستكمال



صورة (١٣٥) توضح الحالة النهائية للقطعة بعد عمليات الترميم المختلفة

والقاعدة ، وكانت المرحلة النهائية بإعادة تلوين الأجـزاء المسـتكملة بالقطعـة باستخدام ألوان الاكريليك وذلك بالاستعانة ببالته الألوان التى تم تحضيرها سلفا، وتوضح الصورة رقم (١٣٩) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة.

- **القطعة رقم (١٧):** توضح الصورة رقم (١٤٠) حالة القطعة حيث فقـد أحـد المشعلين ويوجد كمية كربون كبيرة ترسبت على المشعل البـاقى ويلاحـظ أيضـا فقـد المقبض بالإضافة إلى تراكم الاتساخات داخل وخارج القطعة، وقد تـم تنظيـف مقدمـة المشعل باستخدام الماء ومحلول الكالجون.

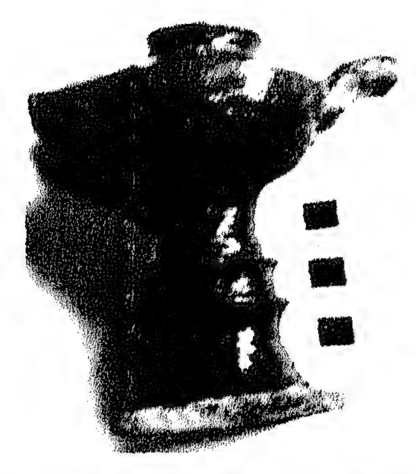
وبالنسبة للاستكمال فقد تم الاستفادة من المشعل الباقى كدليل لاسـتكمال المشـعل المفقود وتم استخدام عجينة مسحوق الفخـار ومحلـول البارالويـد ب ٧٢ ٥٠% مـع استخدام شرائح الطين فى عمل القالب ، وتوضح الصورة رقم (١٤١) شكل القطعة بعـد التنظيف والاستكمال وبعد ذلك تم تقوية قاعـدة المسـرجة بمحلـول البارالويـد ب ٧٢ بتركيز٥% وقد تم الرجوع الي (البالته) فى إعادة تلوين المشـعل المسـتكمل وتوضـح الصورتان (١٤٢) و(١٤٣) الشكل النهائى للقطعة بعد إتمام عمليات الترميم المختلفة.

- **القطعة رقم (١٨):** يلاحظ فى هذه القطعة كما يظهر فى الصورة رقـم (١٤٤) أنها تعانى من تراكم كميات كبيرة من الاتساخات وفقد مقدمة المشعلين بالإضافة إلى فقد المقبض .

وقد تم تنظيف القطعة باستخدام القطن المندى بالماء بالإضافة إلى كمادة محلـول الكالجون التى ساعدت فى تنظيف الأجزاء التى تساقط تزجيجهـا ، وتوضـح الصـورة (١٤٥) القطعة بعد الانتهاء من عملية التنظيف .

وفيما يتعلق بالاستكمال فقد تم الرجوع إلى النماذج المشابهة التى تحتـوى علـى مشاعل كاملة، وتم الاستكمال باستخدام خليط مسحوق الفخار مع محلول البارالويد ب ٧٢ واستخدم شرائح الشمع الطبى فى عمل القوالب اللازمة للاسـتكمال وتوضـح الصـورة (١٤٦) القطعة بعد استكمالها بالعجينة السابقة ، وقد تم إعادة تلوين الأجـزاء المسـتكملة باستخدام ألوان الاكريليك وتوضح الصورة (١٤٧) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من مراحل الترميم المختلفة .

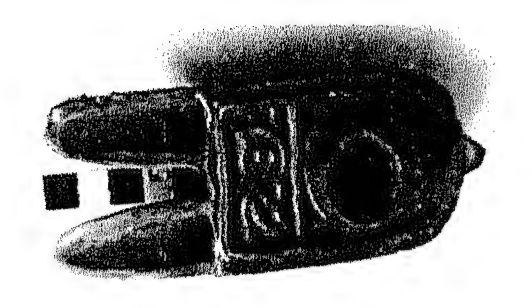

صورة رقم (١٣٦) توضح الفقد والإتساخات في القطعة رقم (١٦)

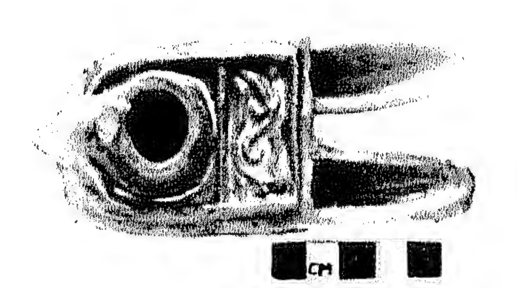

صورة (١٣٧) توضح القطعة بعد الإنتهاء من التنظيف

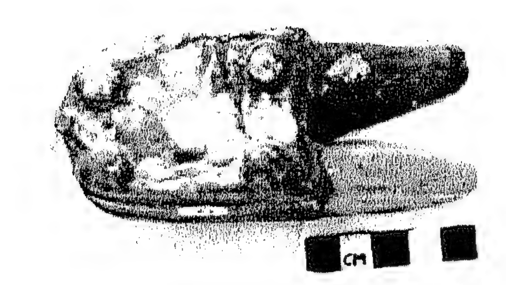

صورة (١٣٨) توضح القطعة بعد استكمالها


صورة (١٣٩) توضح الشكل النهائي للقطعة


صورة (١٤٠) توضح فقد أحد المشعلين من القطعة (١٧)


صورة (١٤١) توضح القطعة بعد تنظيفها واستكمال المشعل المفقود

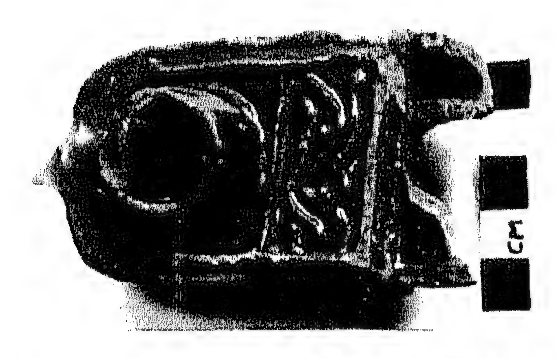




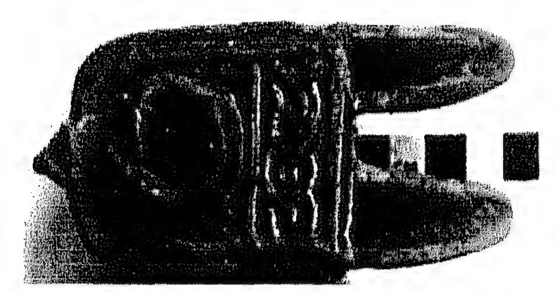
الصورتان (١٤٢-١٤٣) توضحان الشكل النهائي للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم



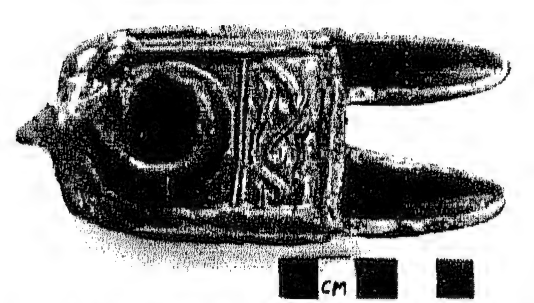
صورة (١٤٤) توضح كمية الإتساخات المتراكمة بالإضافة إلى فقد مقدمة المشعلين للقطعة رقم (١٨)



صورة (١٤٥) توضح القطعة رقم (١٨) بعد الإنتهاء من تنظيفها .



صورة (١٤٦) توضح استكمال مشعل القطعة باستخدام عجينه مسحوق الفخار مع البارالويد ب ٧٢ -٥٠% للقطعة رقم(١٨).



صورة(١٤٧) توضح الشكل النهائي للقطعـــة رقم (١٨) بعد الانتهاء من عمليات الترميم.

- **القطعة رقم (١٩):** يلاحظ أن هذه القطعة يوجد عليها كميات كبيرة من الاتساخات على السطح وداخلها بالإضافة إلى الاتساخات الموجودة على القاعدة بالإضافة إلى فقد بعض الأجزاء فى أطراف القطعة ويظهر ذلك بوضوح فى الصورة رقم(١٤٨) .

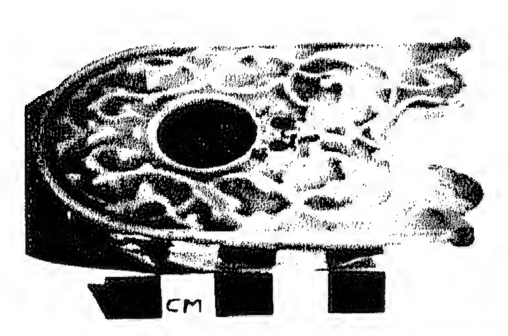
وتم تنظيف هذه القطعة باستخدام الماء وكمادة الكالجون على الأجزاء المفقودة والقاعدة التى ترسب عليها كميات كبيرة من نواتج الاستخدام ، وتوضح الصورة رقم (١٤٩) شكل القطعة بعد الانتهاء من عملية التنظيف .

وفيما يتعلق بالاستكمال فإن هذه القطعة تتميز بالتماثل بين نصفيها ولذلك تم استكمال هذا الجزء باستخدام عجينة من كربونات الكالسيوم مع محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% ، وبعد وضع العجينة فى مكان الجزء المفقود تم تسويته وتم تحديد الجزء الزخرفى الناقص ، وتم حفر هذه الزخرفة باستخدام الأدوات المناسبة ، ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١٥٠) .وبعد الانتهاء من الاستكمال وحفر الجزء الزخرفى الناقص تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك، ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١٥١).

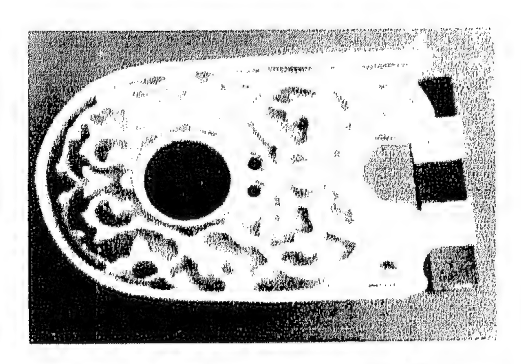
- **القطعة رقم (٢٠):** تعانى هذه القطعة من تراكم الأتربة ومن فقد المقبض ومقدمة فتحة المشعل التى يلاحظ بها وجود شروخ نافذة حيث تم تقوية هذه الشروخ باستخدام محلول بارالويد ب ٧٢بنسبة ١٠% لمنع الشرخ من الزيادة، ويظهر ذلك فى الصورة رقم (١٥٢). وقد تم تنظيف هذه القطعة باستخدام الماء وكمادة الكالجون وتوضح الصورة رقم (١٥٣) القطعة بعد التنظيف .

أما فيما يتعلق بالاستكمال فقد استخدم عجينة مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥٠ % لاستكمال المقبض ومقدمة فتحة المشعل، وتوضح الصورة رقم (١٥٤) القطعة بعد استكمالها . أما بالنسبة لإعادة التلوين فقد استخدمت ألوان الاكريليك فى إعادة تلوين الأجزاء المستكملة وتم الاستعانة ببالته الألوان وبعد اختيار الدرجة اللونية المناسبة تم تطبيق محلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة ٣٠ % لمضاهاة التزجيج، وتوضح الصورة رقم (١٥٥) الشكل النهائى للقطعة بعد إتمام العمل .

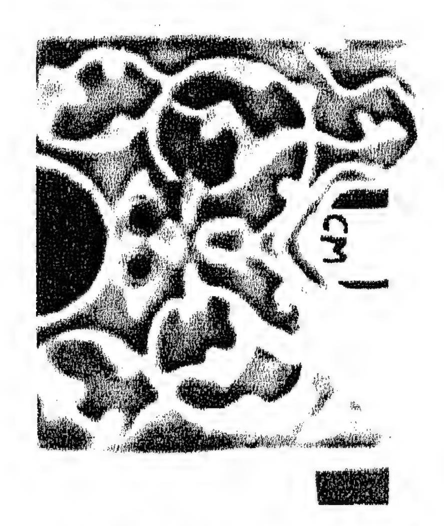
- **القطعة رقم (٢١):** توضح الصورة رقم (١٥٦) القطعة وقد فقد جزء من أحد المشعلين بالإضافة إلى تراكم الاتساخات داخل وخارج القطعة .



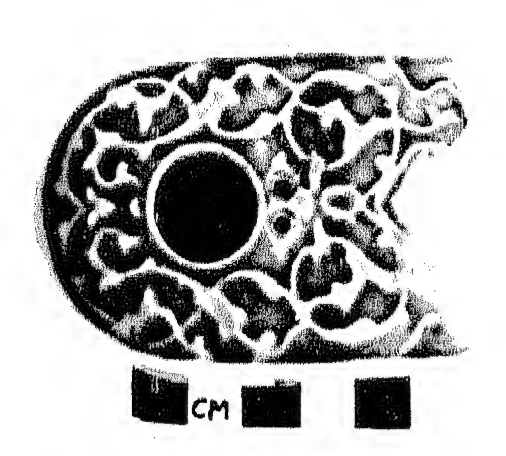
صورة (١٤٨) توضح الحالة التي وجدت عليها القطعة رقم (١٩) قبل ترميمها.



صورة (١٤٩) توضح القطعة رقم (١٩) بعد الانتهاء من تنظيفها.



صورة (١٥٠) توضح الجزء الناقص في القطعة رقم (١٩) بعا استكماله بواسطة مسحوق كربونات الكاليسوم مع محلول البارالويد ب ٧٢ –٥٠ % .



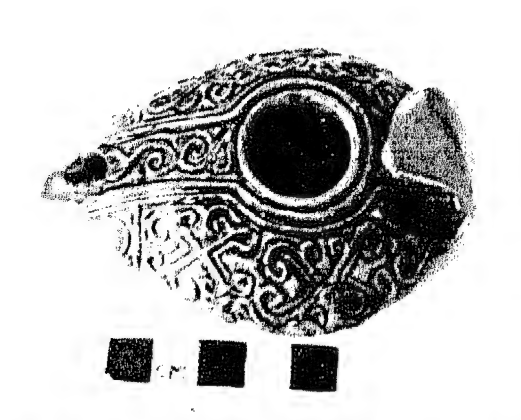
صورة (١٥١) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (١٩) بعد الانتهاء من عمليات العلاج .



صورة (١٥٢) توضح تراكم الإتساخات على القطعة رقم (٢٠) بالإضافة إلى فقد المقبض ومقدمة فتحة المشعل .



صورة (١٥٣) توضح القطــعة رقــم (٢٠) بعــد الانتهاء من عملية التنظيف .



صورة (١٥٤) توضح استكمال المقبض ومقدمة فتحة المشعل للقطعة رقم (٢٠) .



صورة (١٥٥) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٠) بعد الانتهاء من عمليات العلاج المختلفة .

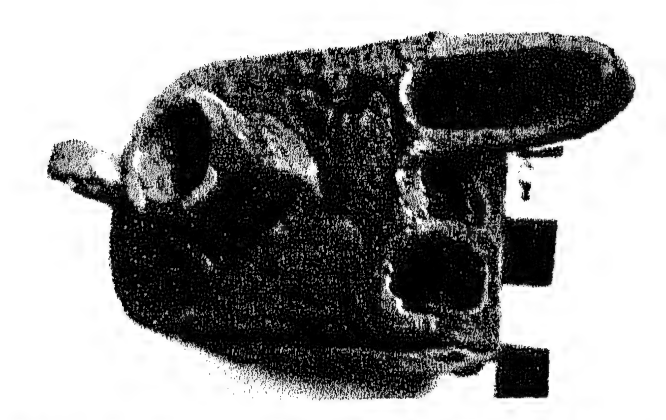


صورة (١٥٦) توضح كمية الاتساخات المتراكمة على القطعة رقم (٢١) بالإضافة إلى فقد مقدمة المشعل .

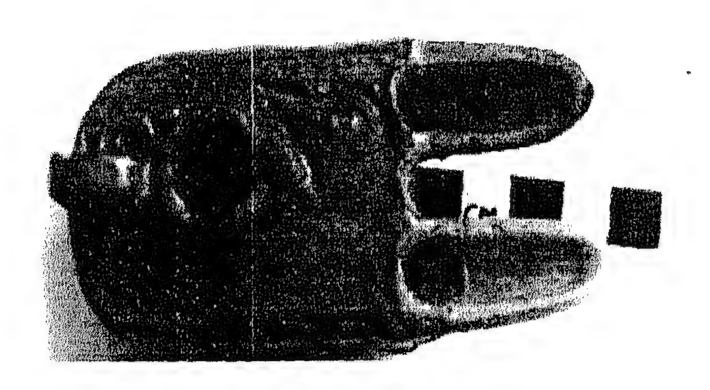
وقد استخدم محلول الكالجون في تنظيف هذه البقع الصعبة، وتوضح الصورة رقم (١٥٧) النتيجة الجيدة التى أعطاها محلول الكالجون ، وبعد التنظيف تم استكمال الجزء المفقود من المشعل وذلك بالاستدلال بالمشعل الموجود وقد استخدم خليط مسحوق الفخار، محلول البارالويد ب ٧٢بتركيز ٥٠% ، مع عمل قالب من شرائح الشمع الطبى وتوضح الصورة (١٥٨) القطعة بعد استكمال الجزء المفقود من المشعل، وبعد ذلك تم إعادة تلوين الجزء المستكمل باستخدام ألوان الاكريليك وتوضح الصورة (١٥٩) الشكل النهائى للقطعة بعد إتمام عمليات الترميم المختلفة .

- **القطعة رقم (٢٤):** تبين الصورة رقم (١٦٠) أن هذه القطعة بها فقد فى منطقة المشعل وتراكم الاتساخات داخل القطعة بالإضافة إلى تساقط بعض الأجزاء من طبقة التزجيج .

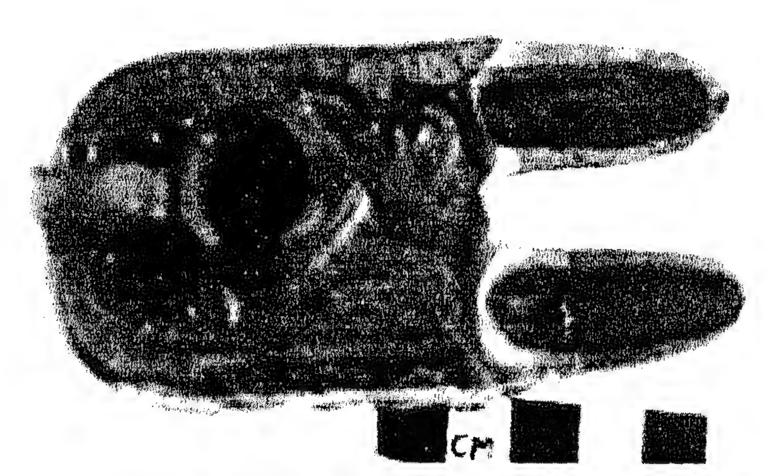
وقد تم تنظيف هذه القطعة بالقطن والماء لإزالة العوالق الداخلية والخارجية، وبعد ذلك تم الاستكمال للجزء المفقود بواسطة عجينة مسحوق الفخار ومحلول البارالويد ب ٧٢ بنسبة٥٠% ، وتوضح الصورتين (١٦١) و(١٦٢) القطعة بعد تنظيفها واستكمالها، أما إعادة التلوين فتمت أيضا بواسطة ألوان الاكريليك، وتوضح الصورة رقم (١٦٣) الشكل النهائى للقطعة بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة.



صورة (١٥٧) توضـــح القطعة رقم (٢١) بعـــد الانتهاء من تنظيفها.



صورة (١٥٨) توضح القطعة رقم (٢١) بعد استكمال المشعل المفقود .



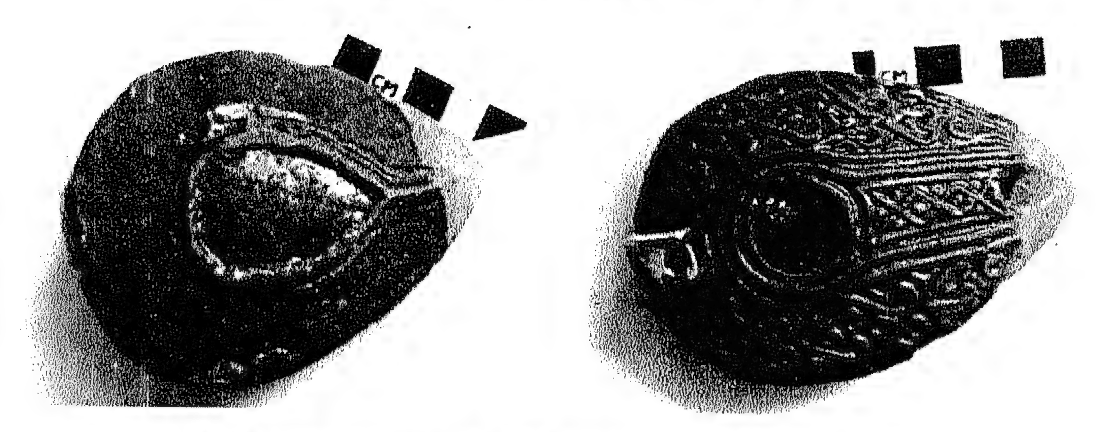
صورة (١٥٩) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢١)

بعد الانتهاء من عمليات الترميم المختلفة .



صورة (١٦٠) توضح فقدان جزء من مقدمة القطعة

رقم (٢٤) مع تراكم اتساخات داخلها وخارجها.



الصورتان (١٦١-١٦٢) توضح القطعة رقم (٢٤)بعد إتمام تنظيفها.



صورة (١٦٣) توضح الشكل النهائي للقطعة رقم (٢٤) بعد إتمام عمليات الترسيم المختلفة.

مناقشة النتائج المستخلصة من الرسالة

Discussion of Obtained Results

بعـد الانتهاء من فصول الرسالة المختلفة تم التوصل إلى العديد من النتائج وفيما يلى مناقشة لهذه النتائج :

- **فيما يتعلق بخامات وتقنية أدوات الإضاءة الخزفية فقد تم التوصل إلى النتائج الآتية**

- لقد استخدم طفلات الأوانى الأرضية earthen ware التى تتميز باللون الأحمر ، و فى بعض الأحيان استخدمت الطفلات الجيرية .

- لـم يسـتخدم الخزاف الطفلة دون إضافات حيث اتضح ارتفاع نسبة السيليكا فى أدوات الإضاءة حيث وصلت نسبة السليكا في بعض العينات إلي حوالي ٨٠% مثل العينة رقم (٦) و (١٢) من الفسطاط ، ونتج عن ذلك عدم التعرض للشروخ وكذلك حماية أدوات الإضاءة من تأثير الصدمة الحرارية عند الاستخدام .

- تـم اسـتخدام التزجيجات الرصاصية بصفة أساسية مع أدوات الإضاءة الخزفية حيث نلاحـظ ارتفـاع نسـبة الرصاص فى التزجيج فقد وصلت نسبة الرصاص في بعض العينات حيث وصلت نسبته ٦٨% في بعض العينات التى تم تحليلها وفى نماذج أخرى استخدم المواد القلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم .

- حرص الخزاف قديما على أن تكون ألوان تزجيج أدوات الإضاءة متفاوتة بين الأخضر إلـى الزيتونى أو التركوازى وفى بعض الأحيان الأصفر أو البنى ، وتم الحصول على هـذه الدرجات اللونية باستخدام أكاسيد الحديد والنحاس معاً في معظم العينات التي تم تحليلها وذلك بنسب متفاوتة وفى ظروف حرق مختلفة .

- اهتم الخزاف المسلم بتغطية المسارج من الداخل بالتزجيج وذلك حتى تحفظ محتواها من الزيت ، ولم يهتم اهتماماً كبيراً بأن يغطى التزجيج كل السطح الخارجى .

- استخدم الخزاف قديماً طريقة العجلة " الدولاب" فى تشكيل المسارج ذات البدن الكروى والمسارج الأسطوانية، أما المسارج اللوزية وذات البدن على شكل صندوق فقد استخدم القالب فى تشكيلها .

- **وفيما يتعلق بخواص الخزف**

- يعــد استخدام إضافات ذات سطح خشن وزوايا حادة ومختلفة الحجم يزيد من قوة القطع على العكس عند استخدام إضافات كروية أو ناعمة السطح .
- وتعتبر مركبات الحديد من العوامل الهامة والمحددة للون أدوات الإضاءة الخزفية حيث يختلف اللون طبقا لنسبة مركبات الحديد فى الطفلة .
- عــند تشكيل القطع تم استبعاد وجود زوايا لأنها تؤدى إلى حدوث ضغوط وللتوصيل الحرارى أهمية كبيرة فى أدوات الإضاءة وذلك لسهولة مرور الحرارة خلال البدن لذلك كان الاهتمام بزيادة مسامية أدوات الإضاءة .
- يلاحظ التجانس فى سمك جدران أدوات الإضاءة حتى لا تتعرض لضغوط .

- **أما بالنسبة لعوامل ومظاهر التلف التى تعرضت لها أدوات الإضاءة الخزفية فهى:**

- العــوامل التى تتعلق بعملية الصناعة حيث ان لبعض المواد معامل تمدد حرارى مرتفع والذى يؤدى بدورة إلى العديد من مظاهر التلف .
- عدم التجانس في المواد المكونة للبدن والتزجيج الذي يؤدي إلي تساقط أجزاء من طبقة التزجيج .
- لقــد لعب الاستخدام دوراً هاماً فى تلف أدوات الإضاءة نتيجة دورات التسخين اليومية وكذلك استخدام الزيوت و اشعالها وما ينتج عنها من كربون وبقع تشوه المسارج .
- وقــد أثــر الــدفن فــى التربة على المسارج وذلك بفقدان بعض الأجزاء الضعيفة مثل المقابض أو المشاعل أو بعض الأجزاء من الحواف .
- كان للتربة دوراً كبيراً فى ضعف وتآكل المسارج أثناء دفنها وذلك حسب نوعية التربة وما تحتويه من المواد القلوية أو الحموضة أو الأملاح .

- **وفــيما يتعلق بالكشف عن أدوات الإضاءة فإن التعريض لبيئة مختلفة دوراً هاماً فى تلف المسارج .**

- كــان للترميم الخاطئ دوراً كبيراً فى تشويه بعض المسارج حيث استخدمت عدة مواد للاستكمال مثل الجبس والبيتومين بالإضافة إلى استخدام أسلاك معدنية .

- وتنوعت مظاهر التلف التى ظهرت بالمسارج حيث يلاحظ الشروخ فى طبقة التـزجيج وذلك يرجع إلى ارتفاع نسبة معامل التمدد الحرارى وقد امتلئت هذه الشروخ بالكربون الناتج عن الاستخدام .
- ظهور الحفر فى بعض المسارج نتيجة ارتفاع نسب المواد المصهرة مع حرق التزجيج عند درجة حرارة مرتفعة .

• **وفيما يتعلق بعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية**

- لقد وجد أن التنظيف الميكانيكى يحتاج فى بعض الأحيان إلى بعض المحاليل مثل الماء لتطرية العوالق . وهذه الطريقة تعد اكثر فاعلية واماناً من استخدام طريقـة التنظيـف بالموجات فوق الصوتية لما قد تسببه من تساقط لطبقات التزجيج الضعيفة .
- ولا يفضل استخدام المواد القلوية أو الحامضية نظراً لتأثيرها الضار على كل من البدن والتزجيج .
- وفيما يخص مواد التقوية فقد وجد أن استخدام مجموعة الإكريليك مثل البارالويد ب ٧٢ فى التقوية ويفضل أن يذاب فى الزايلين أو خليط من الزايلين والأسيتون بنسبة ٣ : ١ .
- ولا يفضل استخدام مركبات السليكون فى التقوية وذلك لأنها تناسب الظروف الرطبـة وهذا لا يتوفر فى حالة أدوات الإضاءة الموجودة بالمتحف.
- أفضل الطرق لتقوية الشروخ هى الحقن ويمكن أن تستخدم الفرشاة فى بعض الحـالات الباقية .
- وجد أن أفضل مواد الاستكمال يكون من البولى فيلا أو خليط من مسحوق الفخار مـع محلول بارالوليد ب ٧٢ بتركيز ٥٠% . أما أفضل المواد المستخدمة لإعادة التلوين فهى الألوان الاكريليك .

• **وفيما يتعلق بطرق الفحص والتحليل المستخدمة مع أدوات الإضاءة الخزفيـة فقـد تـم التوصل إلى النتائج الآتية :**

- **فيما يخص الميكروسكوب المستقطب :**
- من خلال الفحص الميكروسكوبي لم يتم ملاحظة أي بطانات على بدن المسارج .

- تـم ملاحظة نسب عالية من الكوارتز والذي تميز بزوايا حادة وبأحجام متفاوتة نتيجة عملية الطحن الجيد أثناء عملية التجهيز .

- **وفيما يخص التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية :**

- فقـد وجـد ارتفاع نسبة الكوارتز فى معظم عينات الفسطاط وعينات مجموعة المتحف حيث تراوحت نسبته من ٥٥% إلى ٨٠% وهى تعتبر نسبة مرتفعة .

- من خلال التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية يمكن أن نشير إلي ان بعض العينات التي حرقت عند مدي حراري معين وذلك تبعاً للأنماط المعدنية التي تم التعرف . فقد ظهر فـي العيـنة رقم (١) من الفسطاط التريديميت والجهلينيت والسبينيل الذى يظهر عند ٩٠٠ °م ولذلك يمكن أن نقرر أن درجة حرارة حرقها تتراوح بين ٨٥٠-٩٥٠ °م.

- عينة (٢) من الفسطاط تم حرقها بين ٨٥٠-٩٥٠°م أيضا لوجود السبنيل والجهلينيت .

- عيـنة (٣) مـن الفسطاط يلاحظ وجود الكريستوباليت بها و الذى يتطلب درجة حرارة مرتفعة تتراوح بين ١٢٧٠- ١٤٧٠°م وبالتالى يكون موجود بصورة طبيعية.

- عينة (٤) يوجد بها نسبة منخفضة من الكالسيت وهذا يدل أنه ربما بدأ فى الاختفاء وأن الحرق قد يكون تم عند حوالى ٨٥٠ °م .

- عيـنة (٥) يلاحـظ وجود السبنيل والجهلينيت الذى لا يظهر إلا بعد ٨٥٠°م أما وجود الكالسيت فقد يكون أجزاء لم تحترق كليةً .

- عيـنة (٦) يلاحظ بها ارتفاع نسبة كلوريد الصوديوم وهذا يدل أن القطعة كانت مدفونة فى تربة غنية بهذا الملح أما وجود الكالسيت فقد يكون أجزاء لم تحترق كليةً.

- تـم التعـرف فى بعض العينات علي الولاستونيت و الذى قد يظهر عند ٨٥٠°م وذلك لوجود بعض المواد القلوية التى يحتويها الأورثوكليز ويظهر ذلك فى العينة (٩).

- أمـا العيـنة (١١) فيلاحظ وجود الهيماتيت وتتميز باللون الأحمر ويتفق ذلك مع نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب .

- أمـا كل من العينات (١٢) ، (١٣) ، (١٤) فقد حرقت بين ٨٠٠-٩٠٠°م نظرا لوجود البلوستيت والتريديميت والسبينيل

- ووجود الموليت فى العينة (٣) من مجموعة المتحف ساعد على ظهوره ارتفاع نسبة المواد القلوية وقد تم الحرق بين ٨٥٠- ٩٥٠°م .
- أما عينة (١٠) من مجموعة المتحف فيوجد بها الدايوبسيد و الذى قد يظهر عند حوالي ٨٥٠°م وبالتالى فإن الحرق ربما تم بين ٨٥٠-٩٠٠ °م .
- ووجود فوسفات الحديد فى عينة (١٢) من مجموعة المتحف يدل على استخدام مسحوق العظم Bone Ash مع المواد الخام .
- تم استخدام الجبس فى الاستكمال للقطعة رقم(٥) من مجموعة المتحف ويلاحظ أنه فى حالة ضعف قد يكون نتيجة خطأ اثناء التحضير .
- **وفيما يتعلق بالميكروسكوب الالكترونى الماسح :**
- قد اتفقت نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب مع الفحص بـ SEM لبدن العينة رقم (٧) من الفسطاط حيث ظهر كبر حجم حبيبات الكوارتز والذي يتميز بالزوايا الحادة نتيجة عملية الطحن .
- واتفقت نتائج الفحص بـ SEMمع XRD فى كل من العينات (١١) ، (١٤) من الفسطاط حيث ظهر ارتفاع نسبة الكوارتز .
- أفادت طريقة التحليل بـ EDX-SEM فى التعرف على مكونات التزجيج حيث ثبت أن أكسيد الرصاص استخدم كمادة مصهرة ، واستخدام أكاسيد الحديد و النحاس للحصول على درجات اللون الأخضر والزيتونى والتركوازى ،فقد وصلت نسبة الحديد في بعض العينات إلي ١٢%كما في العينة رقم(١١) من الفسطاط وفي مجموعة المتحف تراوحت نسبة الحديد بين١,٥% و٥,٣% .أما النحاس فقد وصل إلي ٧,٩% كما في العينة رقم (٤) من مجموعة المتحف وذلك باختلاف نسب كل منهما .
- ولم يستخدم أكسيد القصدير فى مكونات التزجيج لذلك ظهر فى بعض العينات لمعان مثل القطعة (٢٠) من مجموعة المتحف .
- وبالنسبة لاستخدام SEM فى دراسة مواد التنظيف فقد استخدم لفحص عينات تم تنظيفها باستخدام الكالجون ٣% في الماء لمدة تراوحت بين ١٠ دقائق و ٢٠ دقيقة وكانت النتيجة أنها لم تؤثر على النسيج الداخلى للخزف.

- وبالنسبة لدراسة فاعلية مواد التقوية المستخدمة و هى البارالويد ب ٧٢ بتركيـز ٣% ، ٥% في خليط من الزايلين والأسيتون بنسبة ١:٣ علي الترتيب ، والأديكون مع الزيلين بنسبة ١ : ١ والإيثيل سيليكات بالإضافة إلى البولى فينيل بيوترال ، وقد ثبت أن أفضل المحاليل المستخدمة فى التقوية هو محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥% والمذاب فـى خليط من الزايلين والأستيون ٣ : ١ .

- **وفيما يتعلق بالجانب التطبيقى على المسارج المختارة فقد تم التوصل إلى النتائج الآتية :**

- عند استخدام الطرق الميكانيكية فى التنظيف مصحوباً بالتطرية ببعض المحاليـل مثـل الماء يعطي نتائج إيجابية في حين أن استخدام الكحول المثيلى يعطى نتائج جيـدة عنـد تنظيف بقع الزيوت السطحية ، ويعد استخدام الكالجون مفيداً فى إزالة البقـع الصـعبة المتداخلة فى البدن .

- تم اللجوء إلى التقوية المبدئية قبل عملية التنظيف وذلك باستخدام محلول البارالويـد ب ٧٢ بتركيز ٥% .

- وفيما يتعلق بالاستكمال فيعتبر خليط مسحوق الفخار الحديث مع محلـول البارالويـد ب٧٢ بتركيز ٥٠% مادة مناسبة جدا لاستكمال أدوات الإضاءة الخزفية .

- أما بالنسبة للمواد الملونة فإنه تم استخدام ألوان الاكريليك وتم مضاهاة التزجيج باستخدام طبقة رقيقة من محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% .

التوصـــــيات Recommendations

١- يجب تسجيل المسارج الخزفية تسجيلاً كاملاً وكذلك تصنيفها تبعاً للشكل والعصر الذى صنعت فيه .

٢- يوصى بتسجيل أعمال الترميم التى تتم للمسارج وكذلك تسجيل المواد المستخدمة وحالة القطعة قبل الترميم .

٣- لابد من المتابعة الدورية لأدوات الإضاءة الخزفية بالمتاحف وذلك للكشف عن عوامل التلف التى قد تتعرض لها المسارج .

٤- أن يقوم بأعمال الترميم المتخصصين وأشخاص ذوي مهـارة وخبـرة فـى عمليـات الترميم.

٥- فى حالة القطع الضعيفة ينصح بتقوية القطعة قبل تنظيفها باستخدام محلول البارالويـد ب٧٢ بنسبة ٥% ، و يفضل استخدام خليط من الزايلين والأسيتون بنسبة (٣:١) .

٦- يجب عدم الإفراط فى استخدام المواد الكيميائية الحامضية أو القلوية فى التنظيف.

٧- ينصح باستخدام محلول الكالجون فى حالة إزالة البقع الصعبة فقط التى قد توجـد فـى أدوات الإضاءة وذلك بتركيز لا يزيد عن ٣% فى الماء .

٨- ينصح باستخدام الكحولى المثيلى فى إزالة البقع الزيتية التى توجد على أدوات الإضاءة الخزفية .

٩- يجب عدم استخدام التنظيف بالموجات فوق الصوتية فى حالة المسارج التى تعانى مـن ضعف أو تساقط لطبقات التزجيج، ولا يتم استخدام هذه الطريقة مع القطعة الكاملـة وإنما تستخدم مع الكسر فقط

١٠- يجب استخدام خليط من مسحوق الفخار ومحلـول البارالويـد ب ٧٢ ٥٠% لإجـراء عمليات الاستكمال ، حيث أن هذا الخليط يتميز بخواصه التى تماثل خواص أدوات الإضـاءة الخزفية ، ولا ينصح باستخدام مادة الجبس فى الاستكمال نظرا لما يسببه من مشاكل خاصة فى الظروف الرطبة ، ولا يفضل استخدام الارالديت فى الاستكمال .

١١- يجب استخدام ألوان الاكريليك فى إعادة تلوين الأجزاء المستكملة فقط نظرا لسهولة إزالتها فيما بعد، ويتم تطبيق محلول البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٣٠% لمضاهاة لمعان طبقة الترجيج علي الأجزاء المستكملة .

١٢- لا يتم استكمال بدون دليل أو نقاط ارشادية تساعد على الاستكمال .

١٣- يجب الحذر عند تناول أو نقل أدوات الإضاءة وأن تتخذ التدابير اللازمة لحمايتها من السقوط أو التهشم .

١٤- يحظر الإفراط فى تحليل يعينات من القطع المكتملة إلا للتأكد من نتيجة ومعينة ويفضل استخدام الطرق غير المتلفة Non-destructive methods في تحليل العينات الأثرية.

١٥- يوصى بعمل نماذج مقلدة لأدوات الإضاءة وأن توضع فى قاعات منفصلة بالمتاحف وذلك لإشباع فضول الزائرين وخاصة من الأطفال أو إشباع رغبة المكفوفين في التعرف علي المقتنيات المتحفية .


المراجع

قائمـــــة المراجـــــع

١- **أحمـــد صـــلاح محمد عطية:** دراسة علاج وصيانة المنشآت الأثرية المشعرة بالطوب الأحمـــر تطبـــيقا على أحدى المنشآت الأثرية الرومانية بمنطقة تل الفرما بشمال سيناء رسالة ماجستير ، قسم الترميم – كلية الآثار – جامعة القاهرة – ٢٠٠٢ .

٢- **أدامـــز فيليب** : دليل تنظيم المتاحف ، ترجمة محمد حسن عبد الرحمن الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٣.

٣- **الســـيد طـــه أبو سديرة** : الحرف والصناعات فى مصر الإسلامية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة، ١٩٩١ .

٤- **الشيماء عبد الرحيم عبد الرحمن** : دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقا على بعض النماذج الفخارية من المتحف القبطى ، رسالة ماجستير، قسم الترميم ، كلية الآثار – جامعة القاهرة ، ٢٠٠٣.

٥- **ثـــروت محمد حجازى** : دراسة تطبيقية ميدانية لصيانة الآثار فى مواقع الحفائر تطبيقا علـــى بعـــض الآثـــار المكتشفة بحفائر مقابر العمال جنوب شرق أبو الهول ، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار كلية الآثار – جامعة القاهرة ، ٢٠٠١.

٦- **حســـام الـــدين عـــبد الحمـــيد محمـــود** : المنهج العلمى لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٨٤.

٧- **حسن الباشا** : مدخل إلى الآثار الإسلامية . دار النهضة العربية ، القاهرة ، ١٩٧٩.

٨- **ديماند م** : الفنون الإسلامية ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٥٨.

٩- **رجـــب أبو الحسن محمد** : دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقا علـــى مـــنطقة حفائـــر تل حسن داوود عصر ما قبل الأسرات ، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠١.

١٠- **زكـــى اســـكندر وآخـــرون** : الموســـوعة الأثرية العالمية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ،القاهرة، ١٩٧٧ .

١١- **علـــى الأشرم:** اللدائن وخواصها التكنولوجية ، دار الراتب الجامعية ، الاسكندرية ، ١٩٩٤ .

١٢- **عـــنايات المهـــدى** : فـــن إعـــداد وزخرفة الخزف، مكتبة بن سينا للنشر والتوزيع والتصدير. القاهرة ١٩٩٤ .

١٣- **فاطمـــة حلمـــي** : تطبـــيقات التكنولوجيا الحديثة فى حقل الآثار ، محاضرات السنة التمهيدية للماجستير، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠١ .

١٤- **فاطمـــة صـــلاح مدكور** : دراسة تقنية وعلاج وصيانة البلاطات الخزفية الأثرية فى مصـــر مع التطبيق العملى على بعض النماذج من العصر العثماني وعهد محمد على . رسالة ماجستير . جامعة القاهرة . كلية الآثار . قسم الترميم ، ١٩٩٩.

١٥- **فاطمة صلاح مدكور** : دراسة المواد و الطرق الحديثة المستخدمة في ترميم وصيانة الآثـــار الخـــزفية الإســـلامية مع التطبيق العملي علي بعض النماذج المختارة ، رسالة دكتوراه ،قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ،٢٠٠٤ .

١٦- **فـــريد شـــافعي** : العمارة العربية فى مصر الإسلامية ، المجلد الأول عصر الولاه ، القاهرة ،١٩٧٠.

١٧- **ماجد عبد الغفار موسى** : مقاومة الخرسانة للمياه الكبريتية والمياة تحت الأرضية ، رسالة ماجستير ، قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الأزهر ، ١٩٨٨ .

١٨- **محمد بن صالح الخليفة وعبد العزيز عبد الرحمن الصالح** : المجاهر وتقنياتها ، كلية العلوم ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، ١٩٩٥ .

١٩- **محمـــد عـــبد الهـــادى محمـــد** : تشخيص الأملاح المتبلورة داخل تمثال أبو الهول بالميكروســـكوب الإلكترونى الماسح . ندوة جامعة القاهرة الرؤية العلمية للحفاظ على الآثار ، ١٩٩٠.

٢٠- **محمـــد عـــبد الهـــادى وحسان عامر** : التنظيف الميكانيكى للحجر الرملى . الملتقى الـــثالث لجمعـــية الآثار بين العرب – الندوة العلمية الثانية ٢١-١٣ نوفمبر ٢٠٠٠ ، مطبعة جامعة القاهرة.

٢١- **محمـــد فهمى عبد الوهاب** : دراسات نظرية وعملية فى حقل الفنون الأثرية وطرق ومواد الترميم الحديثة . دار الشعب ، القاهرة ، ١٩٧٤.

٢٢- **محمد محمد مصطفى** : دراسة مقارنة لأنواع الفخار والسيراميك فى مصر مع ترميم قطـــع فخار أثرية، رسالة ماجستير ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، ١٩٩١ .

٢٣- مــرفت عــبد الهادى : المسارج الخزفية والفخارية من بداية العصر الإسلامى حتي نهايــة العصــر الفاطمــى من خلال مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة ، رسالة ماجستير ، قسم الآثار الإسلامية ، كلية الآثار، جامعة القاهرة ، ١٩٩٨.

٢٤- نجوى سيد عبد الرحيم : دراسة علمية لعلاج وصيانة المواد المصنعة المستخدمة فى تــزيين المشغولات الأثرية فى مصر القديمة خلال الدولة الحديثة و العصر المتأخر ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة ، كلية الآثار ، قسم الترميم ، ٢٠٠٣.

٢٥- يسرى الجندى : الجغرافية المناخية ، مركز الإسكان للكتاب ، ١٩٩٣ .

26- **Abd El Ghafour, N . G.;** Ceramic properties of some types of Egyptian clay deposits and possibility of their modification , PHD , Building , Housing and planning Research center, Cairo, 1995.

27-**Abd El Hady . M. M.;** The structural damage of the building stones as effects of the physio-chemical factors,second international course on stone decay and conservation, Bari , Italy ,1995 ,PP.101-113.

28-**Abd El-Hady, M. M.** ;Acrylic Resins & Silicones as Monumental Stone Preservatives , in 2nd Arab Intern . Conf . on Materials Science , Egypt , 1990 .

29-**Acton, L. & McAuley, P.** ; Repairing Pottery and Porcelain , Herbert Press . , London , 1996.

30-**Adams , W . y.;**Ceramic Industries of Medieval Nubian, Part, The University Press of Kentucky, 1986.

31-**Alessanclrini, G. et al.;** The cleaning of deteriorated stone minerals, in conservation of stone and other materials , edited by thiel, M.J., Vol.2, UNESCO, Paris , 1993.

32-**Alessandrini, G. A. M. et al** ;Composition and degradation of Brick and ornamental Terra Cotta of CA' Grarda in Milan . part 1 the 17 th century facing , in Fourth Euro – Ceramics , Vol 14 . The Cultural Ceramic Heritage , edites by Fabbri , B . gruppo editoriale Faenza editrice , Italy , 1995.

33-**Al-Hassan , A.& Hill , D.R.;** Islamic technology , An illustrated History , Unesco , 1986.

34-**Allen , K.W.** ; Adhesion and Adhesives – some Fundamentals in adhesives and consolidants , edited by Brommelle , N.S. et al , IIC . London , 1984.

35-**Amberg ,C. R. and Hartsook , J.** ; Effect of design factors on thermal – shock Resistance of Cooking ware ,J. Am . Ceram . Soc ., Bul , vol (25) No 11 , 1946.
36-**Arnold, D. E.:** Ceramic Theory and cultural Process , Cambridge University Press, 1999.
37-**Attas, M. et al** ;Variations of ceramic composition with time: test case using Lakonian pottery, Archaeometry 24 (2) 1982, PP.181-190
38-**Bailey, D .M.** ;Greek and Roman Pottery Lamps, British Museum Press , 1972.
39-**Barbody , E . M . et al** ; Effect of Shape on thermal fracture, in: J . Am. Ceram. Soc, vol (38) No 1, 1955.
40-**Barbosa , A. C. et al** : The use of Brazilian Bentonite for Cleaning Purposes , in conservation of stone and other materials , Thiel , M.J. vol. 2 , Paris , 1993.
41-**Beauchamp, E. k.** ;Mechanical Properties and Fracture, in: characterization of ceramics, by Loeh man , R & Fitzpatrick , L., Butter worth – Heinemann , London , 1993, PP.169-187.
42-**Bockhorst, R.& Beeks, M. and Keller, D.** ; Aqueous Cleaning Essentials , in Critical Cleaning , by Kanegsberg, B. and Kangsberg E. , CRC Press , USA . 2001.
43-**Bourriau , J . D., Nicholson, p. T. and Rose, P. R.** ; Pottery , In : ancient Egyptian materials and technology Nicholson,P.T., Cambridge press, London, 2000, PP . 121-147 .
44-**Bradley , S.**; Strength testing of adhesives and consolidants for conservation purposes , in adhesives and consolidants edited by , Brommelle, N.S. et al , IIC, London, 1984.
45-**Bronitsky , G .** ; Bridging the gap between Laboratory and field in Ceramic Theory , Archeo materials (1) , 1986.
46-**Brown, R. K.**; Inorganic glasses and glass–Ceramics, in: Characterization of ceramic, edited by Loehman, R. and Fitz Patrick, L. E. Butterworth– Heinewann, USA, 1993, PP. 103-117.
47-Busnaina , A.A. ; Surface Cleaning , Particle removal , in Critical Cleaning , by Kanegsberg ,B. & Kanegsberg , E. CRC Press , USA . 2001.
48-**Buys, S. & Oakley, V.** ; The conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth , Heinemann, ltd . Oxford , 1999 .
49-**Case, E . D.** ; Heat transfer Coefficient estimation from Thermal Shock Data , in 26th Annual on composites , advanced Ceramics ,

Materials and structure by Lin , H.& Sing , M. Florida , 2002 , PP. 149 -160.
50-**Charola , A, E. , et al** ; The influence of relative humidity in The Polymerization of Methyl Trimethoxy silane , in Adhesives and Consolidants , by Brommelle , N. S et al , Paris , 1984.
51-**Charola , E. A.** ; Salts in The deterioration of Porous Materials, in: JAIC 39 (2000).
52-**Clifton , J. R.**; Laboratory evaluation of stone consolidants , in Adhesives and Consolidates , edited by Brommelle , N. et al , Paris , 1984.
53-**Clifton, J. R. & Frohnsdorff, G.J.C.** ;Stone Consolidating materials Astatus Report ,in :conservation of Historic Stone buildings and monuments–National Academy press washington D.C., 1982.
54- **Coble , R. L . and Kingery W.D.** ; Effect of porosity on thermal stress fracture , J . Am . Ceram . Soc . vol (38) No 1 , 1955 .
55-**Colomban P. et al** ; Microstructure , composition and processing of the 15th century Vietnames porcelains and celadon , Journal of culture heritage , Vol. 4(3) 2003 .
56-**Cooper, A. R.** ; Quantitative Theory cracking and warping during the drying of clay bodies , in , Ceramic processing before firing , edited by Onoda , G. Y. & Hench , L. John Wiley and Sons , New York , 1978 .
57-**Crandall, W. B. and Ging , J.** ; Thermal shock Analysis of Spherical Shapes , in : J. Am . ceram . Soc . vol (39) 1955 , No . 1.
58-**Cronyn , J.M.** ; The elements of archaeological conservation Routledge , New York , USA , 1996.
59- **Cuff, Y. H.** ; Ceramic Technology for Potters and Sculptors , University of Pennsylvania Press , USA , 1996.
60- **Daly , G .** ;Glazes and glazing techniques , London , 1995.
61-**Davison , S.** ; A review of Adhesives and Consolidants used on glass Antiquities , in Adhesive and Consolidants , edited by , Brommelle , N . S. et al, IIC , Paris , 1984.
62-**Davison, S.**; Conservation of submerged Artifacts Course INA, Alex. Egypt, 1999, P. 39.
63-**DeGuechen,G.**; Object interred,object disinterred in: conservation on archaeological excavations , edited by Price , N. S. ICCROM , Rome , 1984 , PP . 21 –28.

64-**EL Sheltawy , H.M.** ; Archacological Geology of ancient ceramic MSC thesis Geology dept. Faculty of science , Cairo university Cairo , Egypt , 1994 .

65-**Elston, M.**; Technical &Aesthetic Consideration in The Conservation of ancient Ceramic & Terracotta Objects in The J. Paul Getty Museum , Five case studies in conservation, Vol. 35 , No.2 , 1990.

66-**Fabbri, B. S. et al** ; Archaeometric investigation of Sgraffito CeramicTiles Recovered from Excavation in Udine, Archaeometry ,vol. 42 (2) 2000, PP.317-324.

67-**Fehervari, G.** ;Early Islamic Pottery , Kuwait, 1995.

68-**Feilden, B. M.**; The Principles of Conservation, in: Conservation of Historic Stone buildings and monuments , National a Academy Press , Washington , D.C. , 1982.

69-**Fisher, P.** ;The Sophilos vase . in : the art of conservator by Oddy , A. Smithsonian Institution press , Washington, 1992.

70-**Ford,W.F.**; 4-The effect of heat on Ceramics, Institute of Ceramic,text series, Maclaren& sons, LTD ,London ,1976 .

71-**Franklin, U. M. & Vitali ,V.** ; The environmental Stability of ancient Ceramics, Archaeometry . 27 (1) 1985.

72-**Fraser, H.** ; Ceramic Faults and their remedies , A&C Black , London , 1986 .

73-**Friedman , R. F.** ; Predynastic Settlement Ceramics of upper Egypt , Unversity of Califarnia at Berkeley , USA , 1994 .

74-**Garrison, E. G.**; Techniques in Archaeological Geology, Springer, Germany, 2003.

75-**Gedy, I.** ; Pottery and glass in the conservation of Cultural property , Rome , Italy , UNESCO Press , 1968.

76-**Riad , Gh.H.** ; Flow properties of raw glaze Suspensions , PHD , Faculty of Enginering , Cairo Unversity , 2001.

77- Gibson , B.M.; Methods of removing white and black deposits , studies in conservation , 1971.

78-**Glass,S.J.& Tandon,R.**;Ceramic Composites, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman, R. & Fitzpatrick L.E., Butter worth–Heinemann, London,1993, PP.182-209 .

79-**Goffer , Z.**; Archaeological Chemistry , John Wiley & sons U.S.A , 1980 .

80-**Grim, R.** ;Applied clay mineralogy , M.C Graw – Hill Book Company , London , 1982.

81-**Grimshaw . R. W.** ; The chemistry and physics of clays and other ceramic materials , 4th ed., : John Wiley & Sons, New York , 1971.

82-**Hamer , F .** ; The Potter's dictionary of Materials and technique , Watson – Guptill Publication , New York , 1986 .

83-**Hamilton, D.** ; Architectural ceramics, Thamos&Hudson , 1978

84-**Hamilton, D.H.L.**;Methods of Conserving Archaeological materials Culture , Conservation of archaeological resources , USA , 1994.

85-**Hedges , R . E. M. & Kaczmarczy , K.**; Ancient Egyptian Faience, England, 1983.

86-**Henderson, J.**; The science and archaeology of Materials, RoutLedge, London, 2000.

87-**Hiemann, R. B. & Maggetti, M.**; Experiments on Simulated Burials of Calcareous terra Sigillata (Mineralogical change) Preliminary results , in British Museum Occasional Paper No. 19 " Scientific Studies in Ancient Ceramics " by Huges , M . J . 1981 , PP . 163-177 .

88-**Hodges,H .** ; Artifacts,London,1964.

89-**Honey borne, D. B.**; Weathering and decay of masonry in conservation of Building and decorative stone edited by , Ashurst , J. and Dimes, F.,Butter Worth Heinemann, London , 1998, P.153 .

90-**Horie , C.V.** ; Materials for Conservation , Butter Worth London , 1987 .

91- http: // www. Consemp. Com/catalog/c.html # enzymes.

92-**Ibrahim, M., M.& Sadek, H.**; Features of the physical deteriortion of the Islamic ceramics from Egypt a case study in 2nd conference of Middle Egypt in Fayoum ,2002.

93- **Kanegsberg , B.**;Overview of Cleaning agent, in: Critical Cleaning by Kanegsberg,B. and Kanegsberg , E., CRC Press,USA, 2001.

94- **Kawatoko , M.**; Oil Lamps from Al Fustat, Orient , Vol. XXIII, 1987 .

95- **Kenny, J. B.**; The Complete Book of pottery making , 2ndedition , Chilton book Company , 1976.

96- **Kilikoglou,V.,Vekinis,G.,Maniatis,Y.andDay,P.M.** ;Mechanical performance of Quartz – tempered Ceramics,part 1, Archaeometry 40.(2) 1998,PP . 261-.279

97- **Kilmurry, K.** ; The manufacture of Stamford ware: an application of Thin–Sectioning and Neutron Activation analysis , in: Current

research in Ceramic ,Thin Section Studies, Occasional 32 , British Museum , 1982 , PP.105-112 .

98- **Kingery , W . D.** ; Factors affecting thermal stress Resistance of ceramic materials in J . Am , Cerma , Soc . vol . 38 ,1955 .

99- **Kingery, W.D.** ; Introduction to Ceramics John Wiley & Son, USA , 1960.

100- **Koob , S.P.** ;The use of Paraloid B. 72 as an adhesive : its application for archaeological Ceramics and Other materials , studies in Conservation (31) , 1986 .

101- **Koob, S.** ; Obsolete fill Materials found on ceramics in JAIC, volume 37, Number 1, 1998 .

102- **Kotlik , P.** ; Impregnation under low Pressure , in Studies in Conservation , Vol. 43 . No 1 , 1998.

103- **Kromer ,H.** ; Mineralogical and technology characteristics of ceramic clays, in international clay conference, Amsterdam, 1981,PP. 685-697 .

104- **Kubiak , W.B.**; Medieval Ceramic Oil Lamps from Fustat , Arts Orientalis , VIII, Michigan, 1970.

105- **Larney, J.**; Restoring Ceramics, Barrie& Jenkins London , 1975

106- **Lay,L.** ;Corrosion resistance of technical ceramics,London ,1991 .

107- **Lewin, S.Z.**;The mechanism of masonry decay through Crystallization , in: Conservation of Historic Stone building and monuments , National academy Press , washington , 1982 .

108- **Lins, A. P.**;Ceramics and glass conservation,Musum News , 1977.

109- **Lorna , L and Quirke , S.** ;Painting materials in Ancient Egyptian Materials and technology by Nicholson, p . and Shaw , I . Cambridge University Press, 2000.

110- **Loretta, H. et al** ;Reconstructing major missing areas of ceramics vessels using clay in 11th triennial meeting , Scotland , 1996, PP.833-838.

111- **Maggetti , M .**; Composition of Roman Pottery From Lousonna (Switzerland) , in Scientific studies in ancient ceramics (ed) . by Hughes , M. J . British Museum Occasional Paper m No. 19. 1981 ,PP.33-50 .

112- **Maggetti, M.**;Phase analysis and its Significance for technology and origin , in: Archaeological Ceramics ,by Olin,J. &Franklin A.D, Washington D.C. Smithsonian Institution press ,1982 PP . 121-134.

113- **Maniatis, y.et al**; Technological examination of Low Fired Terracotta Statues From Asia Irini, Kea , Archaeometry , 24 (2) 1982, PP.191-198.

114- **Mannoni, T.**; Present day Know Ledge of Mediterranean pottery after years of thin –Sectioning at the University Of Genoa, in:Current research in Ceramics: thin Section Studies, edited by Freestone, I. et al, Occasional. 32. British Museum,1982,PP.89-92.

115- **Mark , P. A. & Heron , C.** ;Archaeological Chemistry – Royal Society of Chemistry, Cambridge press , 1996.

116- **Mason , R . B & Edward, K .**; Petrography of Islamic pottery from Fustat , in JARCE , 1990, PP . 165-183.

117- Mason, R. and Tite, M.S.; The beginnings of Tin– Opacification of pottery glazes, Archaeometry , 39 (1)1997 PP. 41-58.

118- **Matson, F.R.**; Ceramic technology as an aid to Cultural interpretation techniques and Problems , Museum of Anthropology , university of Michigan , 1951.

119- **Matson, F., R.** ;The quantitative study of ceramic Materials in the application of quantitative methods in archaeology, by Heizer, R., F. and cook, S., Chicago,1966,PP.34-57

120- **Mcmillan, P. W.**; Glass–Ceramic, second edition Acadimic press, London, 1964.

121- **Michel, J.** ;The Restorer's hand book of Ceramic and Glass , Canada , 1976 .

122- **Miriti, P.**;Recent advances in the Study of ancient Ceramic Bodies&coatings, in: Fourth Euro-ceramics vol. 14 the cultural ceramic Heritage. gruppo editorial Faenza editrice. Italy,1995, PP.13-22 .

123- **Molera,J.,Vendrell–Saz, M., GarciA–Valles, M. and Pradell, T.**;Technology and color development of Hispano-Moresque Lead glazes Pottery, Archaeometery39(1) 1997,PP.23-39.

124- **Moore, F.** ;2–Rheology of ceramic System , Institute of ceramic text book Service , Maclaren & Sons, Ltd London, UK, 1965.

125- **Nelson , G. C. & Burkett, R.** ; Ceramics Apotter's hand book , sixth edition , Worth , Thomson Learing , USA , 2002.

126- **Nelson ,K.** ;Ceramic Analysis in Archaeology Manual , Institute of international . Education subcontract ,1999,PP . 69-83

127- **Newey, C. et al** ; Science for conservators . Book 3 . Adhesives and Coatings , London , 1992.

128- **Norton , F. H.**; Refractories , 3rd ed . USA, 1949.

129- **Orton, C. , Tyers, P. , and Vince, A.** ; Pottery in Archaeology , Cambridge University Press , 1993.

130- **Paterakis, A. B.** ; The Consolidation and desalination of Ceramic Impregnated with Calcium acetate, the 10th ICOM trienial meeting committee for Conservation, Washington , 1993.
131- **Paterakis, A. B.**;Efflorescence testing on pottery in The ceramics Cultural Heritage, Vincenzini,P.(editor),1995,PP.661-668
132- **Paterakis,A.B.&Nunberg, S.** ;The stabilization of archaeological pottery in an Excavation study collection , in Le Desselement des Materiaux poreux , Paris , 1996 .
133- **Paterakis , A . B.** ; The desalination of consolidated Ceramics , in Interim meeting of the ICOM-CC working group , Vantaa , Finland , Glass , Ceramics and related materials edited by Paterakis , A. B. , 1998.
134- **Paterakis , A. B.** ; Those evasive Salt crystals . The 12th ICOM Triennial Meeting , Lyon , 1999.
135- **Peacock, D. P. S.**; The Scientific analysis of ancient Ceramics, a review, World Archaeology , vol .(1) No.3 , 1970, PP.375-389.
136- **Pearlstein , E.** ; Conservation for The new Egyptian Galleries at the Brooklyn Museum , in Conservation in ancient Egyptian Collections , London , 1995.
137- **Peterson, S.**;The Craft and art of Clay , London , 1995.
138- **Petrie, E.M.** ; Hand book of Adhesives and Sealants , Mc Gram-Hill , U.S.A , 2000.
139- Philon, H.; Early Islamic Ceramics , Benaki Museum, Athens, 1980.
140- **Pilz, M. &McCarthy, B.** ;The comparative study of ORMOCER & paraloid B –72 for conservation of outdoor glazed ceramics . in : Fourth Euro. ceramics ,Vol. 14 The Cultural ceramics Heritage , gruppo editoriale Faenza editrice Ceramics , Italy , 1995, PP . 29-39 .
141- **Ravaglioli , A. & Krajewski , A.** ; Degradation & Preservation of the Majolicas of santa chiara in Naples in : Fourth Euro – Ceramics , vol 14 , the cultural ceramics heritage , gruppo editoriale Faenza editric ceramics , Italy , 1995 , PP . 403-409 .
142- **Reiderer, J.** ;Restoration, Preservation, Munich.Germany 1989 .
143- **Rhodes , D.** ;Clay and glazes for the potters, London , 1996.
144- **Riccardo, B.**; Products for the Consolidation and Surface Protection of historic Heritage Lapidary materials in seminar on Italian restoration & Conservation technologies , Egypt , 1996.
145- **Rice, P.W.** ;Pottery analysis, University of Chicago press, USA, 1987.
146- **Rice , R. W .** ; Porosity of ceramics , New york , 1998.

147- **Rice ,R.W** ; Fabrication of ceramics with designed porosity ; in 26 th Annual conference on composites,Advanced ceramics , Materials and structures edited by Lin ,H & Sing, M:Florida, 2002.
148- **Richardson, D. W.** ;Modern Ceramic Engineering, Marcel Dakker , U.S.A , 1992.
149- **Riley, J. A .**;The Petrological analysis of Aegean Ceramics in: Occasional Paper,No.32 .Current research in ceramic, Thin Section studies, British Museum, edited by Freestone, I., 1982, PP.1-8.
150- **Rosvall, J.**; Air Pollution and conservation in Durability of Building Materials,1988.
151- **Salmang, H. and francis, M.** ; Ceramics, London, ButterWorth , 1961 .
152- **Schwartz, M.** ; Hand book of structural Ceramic McrGraw–Hillinc , USA, 1992.
153- **Sandra, S.** ;British Bronze Age pottery, An overview of deterioration & current techniques of conservation at the British museum , in : the conservator , No.22, England, 1998, PP.3-11.
154- **Sease, C.** ;The Case against Using soluble Nylon in Conservation Work , Studies in Conservation , 26 , 1981.
155- **Sease , C.**; A conservation Manual for the Field Archaeologist, 3rd. Institute of Archaeology , university of California,USA , 1999.
156- **Selwitz , C.A.** ; The evalution of crystallization modifiers for controlling salt damage to time store,in journal of cultural Heritage (3)2002.
157- **Shepard, A.O.**; Ceramics for the Archaeologist, Washington, 1985.
158- **Sinopoli, C. M.** ; Approaches to Archaeological Ceramic, Plenum press , New York , 1991.
159- **Smialek, J. L. & Jacobson, N. S.** ; Mechanism of Strength degradation for hot Corrosion of α . Sic , J. Am. Ceram . Soc .(69) 1996 .
160- **Smith, S.** ; The Manufacture and conservation of Egyptian faience, in: The 11^{Th} triennial meeting ICOM committee for conservation, Edinburgh Vol.(2) , 1996, PP . 845-850 .
161- **Stambolov, T.**;The deterioration and Conservation of Porous Building materials in monuments, Rome ,1975.
162- **Thomson, G.,** ; The Museum environment, Butter worth in association with international institute for conservation of historic and Artistic works , 1985.

163- **Tite, M.S. et al** ; The Use of Scanning Electron microscope in The technological Ceramics, edited by olin, J & Franklin, A. , Simth Sonian Institution press, Washington .D.C., 1982.

164- **Tite, M. S. & Kilikoglau, V. and Vekinis, G.** ;Strengh, roughness and thermal shock resistance of ancient ceramics, and their infulence on technological, Archaeometry,43(3) 2001.

165- **Tite, M. S. , Free stone , I. Mason, R. , Molera, J . Vendrell-Saz , M. , and Wood, N.** ; Review article Lead glazes in Antiquity-Methods of production and reasons for use, Archaeometry,40(2) 1998, PP.241-260 .

166- **Tomsia, A. P. &Loehman , R.E.** ; Glass and Ceramic Joints, in: characterization of Ceramics, edited by Loehman, R. &Ftzpatrick, L.E, Butterworth- Heinemann, London, 1993,PP.211-227 .

167- **Vandiver, P. B.** ; Corrosion and conservation of ancient glass and ceramics , in Corrosion of glass & Ceramics , edited by clark , E. D., University of Florida Department of materials Science & engineering , USA 1992 , PP. 393-430 .

168- **Warren, J.** ; Conservation of Brick . Butter worth, Heinemann, oxford , 1999 , P.92

169- **Watchman, J. B.**; Mechanical properties of ceramics, John Wiley & Sons , New York , 1996.

170- **Watkins, S. C. & Scott, R.** ; Timeless problems, Reflection on the Conservation of archaeological Ceramics,in The British Museum Occasional Paper, NO.145, edited by Oddy, A. & Smith, S., 2001, PP . 195-200 .

171- **Weier, L. E.** ; The deterioration of inorgamic materials under The sea, Bulletin of The Institute of archaeology, No. 11, London, 1973 , PP. 131-145.

172- **Whitbread, I. K.**;The characterization of Argillaceous inclusions in Ceramic Thin Section , Archaeometry 1986 (28) 1 , PP.79-88.

173- **Winkler, E. M.** ;Problems in the deterioration of stone, in conservation of Historic stone buildings and monuments , National academy press , Washington , 1982.

174- **Zakin , R .**; Ceramics , mastering The craft , chilton book company , USA , 1990 .

conservation materials such as cleaning and consolidation materials .

Chapter six: This chapter includes the applied study . 24 ceramic lamps were choosen from the Islamic Museum " Faculty of Archaeology , Cairo University ". This group had many features of deterioration .

The restoration processes started with the mechanical cleaning , then chemical cleaning by Calgon solution . The next stage is the completion with a mixture of grog and paraloid B-72 solution . After that consolidation with a solution of paraloid B-72 (5%) not only applied for weak body but also for the glazed surface.

The second section of this chapter includes a study of the deterioration phenomena of ceramic lamps . These phenomena are divided to cracks in body, warping. dunting, crazing, crackle , crawling , peeling, bloating , pinholing , friability , blackening, stains and corrosion.

Chapter Four: This chapter studies restoration and conservation of ceramic lamps . This process started with documentation ,cleaning may be mechanically, chemically or by using enzymes, by ultrasonic and by laser, the next stage includes removal of soluble and insoluble salts . The next stage is bonding with best adhesives . Consolidation by solution of 5% of Paraloid B72 and completion by plaster of paris , poly filla and paste of grog and adhesive.

Chapter Five: This chapter includes methods used in analysis and investigation . The Polarizing microscope is an useful technique in determining minerals, slips, ratio of inclusions in matrix , 14 samples from Fustat have been studied .

X-Ray diffraction analysis is used in determining the present minerals in ceramic lamps . This method is used to study 14 samples from Fustat and 7 samples from the Islamic museum " Faculty of Archaeology " . Scanning Electron Microscope " SEM" is also used to study the body and the glaze layer of the ceramic lamps , SEM played an important role in studying

of Iron compounds or organic materials , besides the role of firing atmosphere and the temperature of firing .

Thermal properties are very important because ceramic lamps suffer from heat during firing and heat during utilization which causes thermal stresses .

The chapter also includes atheoritical study of thermal properties through thermal expansion , thermal conductivity and thermal shock , also factors which affect on thermal properties .

The chapter also studies other properties such as hardness , bulk density , microstructure , texture and thickness .

Chapter three: There is no doubt that ceramic lamps suffer from many deterioration factors that divided into four stages, The first stage is related to the hetrogeneity of body components .

The second stage is related to the utilization . the repeated heating cycle every day causes many deterioration phenomenon . The next stage have been done during burial according to the presence of moisture , salts , acidity and alkalinity of soil that may destroy ceramic lamps .

The last stage comes after the exposure to the environmental shock and climatic changes in open environment beside the wrong handling and restoration .

SUMMARY

There is no doubt that ceramic lamps played an important role in the social life in Islamic periods , that we can find many types of lamps such as pointed –oral, Bowl, Box and dish shapes .

The study consists of 6 chapters :

Chapter one: This chapter a theoritical study for the used raw materials and techniques of ceramic lamps. Clay is the base of body in addition to some addatives like sand , grog , fossils . The glaze layer consists mainly of sand , Alumina and fluxes " Lead - Alkaline , Earthen oxides " beside some colorants materials .

Clay, sand, grog have been mixed to prepare the paste of lamps , these lamps were formed on the potter's wheel or by mould or by hand made , also glaze raw materials have mixed and applied by brushing or dipping on the lamps surface .

Firing process is playing an important role in body components that it changes to stable materials , also firing " Atmosphere, temperature and duration " have a great effect on the colors of glaze.

Chapter two : This chapter is studying the properties of ceramic bodies . Porosity is one of the most important property that affects on all properties, strength of materials is very important for ceramic durability, color may refers to the presence

Key Words

cermic lamps

Glaze

Fluxes

Thermal Properties

Deterioration

Cleaning

Calgon

Consolidation

Completion

Retouch

SUMMARY

This thesis study technology, treatment and conservation of Archaeological Islamic ceramic lamps with application on some selected objects. The study consists of 6 chapters :

Chapter one studies raw materials and techniques of ceramic lamps. Clay is the base of body in addition to some additives beside the glaze layer. Firing process is playing an important role in body components that it changes to stable materials .

Chapter two studies the properties of ceramic bodies . Porosity, strength, color, Thermal properties . The chapter also studies other properties such as hardness , bulk density , microstructure , texture and thickness .

Chapter three study deterioration factors that divided into, the hetrohomogeneity of body components . Utilization , burial. The last stage comes after the exposure to the environmental shock. The second section of this chapter includes a study of the deterioration phenomenon of ceramic lamps.

Chapter Four studies restoration and conservation of ceramic lamps. cleaning , removal of soluble and insoluble salts . bonding with best adhesives . Consolidation

Chapter Five: This chapter includes methods used in analysis and investigation . The Polarizing microscope is an useful technique in determining minerals, slips, ratio of inclusions in matrix. XRD used in determining the present minerals in ceramic lamps. SEM used to study the body and the glaze and played an important role in studying, conservation materials such as cleaning and consolidation materials .

Chapter six: This chapter includes the applied study on 24 ceramic lamps from the Islamic Museum " Faculty of Archaeology , Cairo University ". This group had many features of deterioration . The restoration process started with cleaning , then cleaning by Calgon solution . The next stage is the completion with a mixture of grog and paraloid B-72 solution . After that consolidation with a solution of paraloid B-72 (5%) not only applied for weak body but also for the glazed surface.

Cairo University
Faculty of Archacology
Conservation Department



Study of Technology, Treatment and Conservation of Archaeological Islamic Ceramic Lamps with Application on some Seleceted Objects

Thesis Submitted by

Hamada Sadek Ramadan Kotop

Demonstrator at Conservation Department
Faculty of Archaeology (Fayum Branch)
Cairo University

For Fulfillment of Master Degree in Conservation of Antiquities

Supervised By

Prof. Dr.Mohamed Abd EL-Hady
Ex- Vice dean for Faculty of Archaeology,
Cairo University
Cultural Counsellor of Egypt on Poland.

Dr. Gamal A. Mahgoub
Ass. professor ,
Vice- Dean of Faculty of Archaeology,
Cairo University (Fayum Branch)

Dr. Mohamed Moustafa Ibrahim
Ass. professor, Conservation department, Faculty of Archaeology, Cairo University.

2005